



**FARKLI TOPRAK İŞLEME-EKİM YÖNTEMLERİNİN
FİZİKSEL VE HİDROLİK TOPRAK ÖZELLİKLERİ
İLE SİLAJLIK MISIR SU
KULLANIMI VE VERİMİNE ETKİSİ**

Mesut Cemal ADIGÜZEL

**Yüksek Lisans Tezi
Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı
Prof. Dr. Üstün ŞAHİN
2019
Her Hakkı Saklıdır**

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**FARKLI TOPRAK İŞLEME-EKİM YÖNTEMLERİNİN FİZİKSEL
VE HİDROLİK TOPRAK ÖZELLİKLERİ İLE SİLAJLIK MISIR SU
KULLANIMI VE VERİMİNE ETKİSİ**

Mesut Cemal ADIGÜZEL

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

**ERZURUM
2019**

Her hakkı saklıdır



**T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



TEZ ONAY FORMU

**FARKLI TOPRAK İŞLEME-EKİM YÖNTEMLERİNİN FİZİKSEL VE
HİDROLİK TOPRAK ÖZELLİKLERİ İLE SİLAJLIK MISIR SU KULLANIMI
VE VERİMİNE ETKİSİ**

Prof. Dr. Üstün ŞAHİN danışmanlığında, Mesut Cemal ADIGÜZEL tarafından hazırlanan bu çalışma 29/08/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı Tarımsal Yapılar ve Sulama Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliği/oy çokluğu (.../...) ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Üstün ŞAHİN

Üye : Prof. Dr. Fatih Mehmet KIZILOĞLU

Üye : Doç. Dr. Sefa ALTIKAT

İmza :

İmza :

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulunun 05/09/2019 tarih ve 35/57 nolu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mehmet KARAKAN
Enstitü Müdürü

Bu çalışma Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü projeleri kapsamında desteklenmiştir.
Proje No: TAGEM/TSKAD/15/A13/P02/10

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FARKLI TOPRAK İŞLEME-EKİM YÖNTEMLERİNİN FİZİKSEL VE HİDROLİK TOPRAK ÖZELLİKLERİ İLE SİLAJLIK MISIR SU KULLANIMI VE VERİMİNE ETKİSİ

Mesut Cemal ADIGÜZEL

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Üstün ŞAHİN

Bu araştırmada, yüksek rakımlı yarı kurak bir iklim bölgesinde geleneksel toprak işleme-ekim (GT) yönteminin yerine uygulanabilecek koruyucu toprak işleme ekim yöntemleriyle (AT: Azaltılmış toprak işleme-ekim, DE: doğrudan ekim) silajlık mısırın üretim olanakları ve fiziksel-hidrolik toprak özellikleri üzerine etkiler araştırılmıştır. Çalışma tesadüf blokları deneme planında üç tekrarlı olarak yürütülmüştür.

Toprak fiziksel ve hidrolik özelliklerinden; kütle yoğunluğu, tane yoğunluğu, tarla kapasitesi, solma noktası, yarıyışlı su ve ıslak agregat stabilitesi ile gözenek büyüklük dağılımında yöntemler arasında önemli farklılıklar tespit edilmemiştir. Optimum tohum yatağı için en uygun parçacık dağılımı (1-8 mm) AT yönteminde, yüksek porozite ve düşük penetrasyon direnci GT yönteminde, toprakta nem birikimi ile yüksek kararlı ve ortalama infiltrasyon hızları DE yönteminde belirlenmiştir.

Çimlenme-çıkış ve vejetatif gelişme açısından DE yöntemi en iyi sonuçları sağlamış, en az mevsimlik su tüketiminde 273,2 mm ile DE yöntemin de belirlenmiş, AT ve GT yöntemlerinde su tüketimleri sırasıyla 280,4 mm ve 290 mm olmuştur. Silajlık verim GT, AT ve DE yöntemlerinde sırasıyla 77,8, 76,9 ve 85,0 t/ha ve kuru madde verimleri de 15,4, 16,2 ve 18,3 t/ha'dır. Silajlık verime göre sulama suyu ve su kullanım etkileri DE yönteminde 0,50 ve 0,31 t/ha/mm olarak belirlenmiş, GT uygulamasından sırasıyla %8,4 ve %13,8 daha fazla olmuştur.

Bu sonuçlara göre DE yöntemi, yüksek rakımlı yarı kurak iklim koşullarda silajlık mısır üretiminde kısa süreçte infiltrasyonu ve toprak nem içeriğini geliştirerek daha az su tüketimiyle daha fazla verim elde edilme olanağı sağlayarak ve daha az toprak işlemeden kaynaklı üretim girdilerini de azaltarak ekonomik silajlık mısır yetiştiriciliğini mümkün kılacaktır.

2019, 60 sayfa

Anahtar Kelimeler: Doğrudan ekim, azaltılmış toprak işleme, silajlık mısır, su kullanım etkinliği, su tüketimi, infiltrasyon

ABSTRACT

MS Thesis

THE EFFECT OF DIFFERENT TILLAGE-SOWING METHODS ON PHYSICAL AND HYDRAULIC SOIL PROPERTIES AND WATER USE AND YIELD OF SILAGE MAIZE

Mesut Cemal ADIGÜZEL

Atatürk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Agricultural Structures and Irrigation

Supervisor: Üstün ŞAHİN

The production possibilities of silage maize with conservative soil tillage - sowing methods (RT: Reduced tillage - sowing, DS: direct sowing), which can be an alternative to conventional tillage - sowing (CT) in a high altitude region with a semi-arid climate and the effects on the physical-hydraulic soil properties have been examined in this study. The experiment was carried out in randomized block design with three replications.

No significant differences were determined between the methods in the bulk density, particle density, field capacity, wilting point, available water amount and wet aggregate stability and pore size distribution in terms of soil physical and hydraulic properties. Optimum particle size (1–8 mm) distribution for seedbed was determined in the RT method, high porosity and low penetration resistance was observed in the CT method while moisture accumulation in soil and high stable and average infiltration rates were determined in the DS method.

In terms of germination and vegetative development, the DS method yielded the best results, the least seasonal water consumption was determined with the DS method as 273.2 mm while the RT and CT methods revealed a water consumption of 280.4 mm and 290 mm, respectively. The silage yield was 77.8, 76.9 and 85.0 t/ha for the CT, RT and DS methods, and dry matter yields were 15.4, 16.2 and 18.3 t/ha, respectively. Irrigation water and water use effects according to the silage yield were determined as 0.50 and 0.31 t/ha/mm for the DS method and they were 8.4% and 13.8% higher than for the CT application, respectively.

According to these results, the DS method will enable economic silage maize cultivation by improving infiltration and soil moisture content in a short time in silage maize production in high altitude semi-arid climate conditions and providing more efficiency with less water consumption and decreasing production inputs from less tillage.

2019, 60 pages

Keywords: Direct sowing, reduced tillage, silage maize, water use efficiency, water consumption, infiltration rate

TEŞEKKÜR

Bu araştırmayı destekleyen başta TAGEM’ne ve DATAE Müdürü Sayın Dr. Şerafettin ÇAKAL’a, Enstitü Müdür Yardımcım Sayın Ahmet KÜÇÜKÖZDEMİR’e, öneri ve yapıcı eleştirileriyle bana ışık tutan, yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen danışmanım Sayın Prof. Dr. Üstün ŞAHİN’e ayrıca tez çalışmamda bana yardımcı olan Sayın Prof. Dr. Fatih Mehmet KIZILOĞLU’na, çalışmalarımda destek veren Bölüm Başkanım Dr. Zinnur GÖZÜBÜYÜK’e, mesai arkadaşlarımdan Erdal DAŞCI, Tamer ERCOŞKUN ve Dr. Talip TUNÇ’a teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca bugüne kadar benden hiçbir fedakârlığı ve manevi katkılarını esirgemeyen başta babama, sevgili anneme, canım kızım ve oğluma ve eşime teşekkür ederim.

Mesut Cemal ADIGÜZEL

Ağustos, 2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	3
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	11
3.1. Materyal.....	11
3.1.1. Araştırma yerinin tanımı	11
3.1.2. Araştırma yerinin iklim özellikleri	11
3.1.3. Araştırma yerinin toprak özellikleri	12
3.1.4. Tarımsal yapı ve üretim.....	12
3.1.5. Bitki özellikleri.....	13
3.1.6. Sulama suyu özellikleri	13
3.1.7. Araştırmada kullanılan tarım alet ve makinaları	13
3.2. Yöntem	16
3.2.1. Deneme deseni	16
3.2.2. Sulama sistemi ve sulama suyu uygulamaları	17
3.2.3. Bitki su tüketimlerinin belirlenmesi	18
3.2.4. Sulama suyu (IWUE) ve su kullanım (WUE) etkinlikleri	18
3.2.5. Kültürel işlemler.....	19
3.2.6. Toprak analizleri.....	20
3.2.7. Silajlık mısırdaki çimlenme ve çıkış	23
3.2.8. Silajlık mısırdaki gelişme ve verim	23
3.2.9. İstatistiksel analizler	24
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	25
4.1. Yağış, Sulama Miktarı ve Bitki Su Tüketimi	25

4.1.1. Yağış ve sulama miktarı	25
4.1.2. Toprak nem değişimi.....	26
4.1.3. Bitki su tüketimi	27
4.2. Toprak Fiziksel ve Hidrolik Özellikleri	28
4.2.1. Kütle, tane yoğunluğu ve porozite	28
4.2.2. Toprak penetrasyon direnci	30
4.2.3. Toprak parçacık boyut dağılımı	32
4.2.4. Toprak nem birikimleri	34
4.2.5. Tarla kapasitesi, solma noktası, yarayırlı su ve ıslak agregat stabilitesi	35
4.2.6. Toprak nem–tansiyon ilişkisi (pF) ve gözenek büyüklük dağılımı	36
4.2.7. İnfiltrasyon hızı	37
4.3. Bitki Gelişimi, Verim ve Kalite	40
4.3.1. Tarla filizi çıkışı, süresi ve derecesi	40
4.3.2. Vejetatif gelişme.....	41
4.3.3. Silajlık verim	43
4.3.4. Kuru madde oranı ve kuru madde verimi.....	44
4.4. Sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) ve su kullanım etkinliği (WUE)	45
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	46
KAYNAKLAR	48
EKLER.....	56
EK 1.	56
EK 2.	56
EK 3.	56
EK 4.....	56
EK 5.	56
EK 6.	57
EK 7.	57
EK 8.	57
EK 9.	57
EK 10.	57
EK 11.	57
EK 12.....	58

EK 13.....	59
EK 14.....	60
ÖZGEÇMİŞ	61



SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

μ	Mikron
cm	Santimetre
C_r	Kapillar yükselme miktarı
ÇBS	Çıkan Bitki Sayısı
d	Ekimden sonraki gün sayısı
D	Etkili kök derinliği
D_w	Derine sızma miktarı
EBS	Ekilen Bitki Sayısı
EC	Elektriksel iletkenlik
ET_a	Gerçek evapotranspirasyon miktarı
g	Gram
h	Saat
ha	hektar
hz	Titreşim frekansı
I	Sulamayla verilen su miktarı
IWUE	Sulama suyu kullanım etkinliği
kcal	kilo kalori
kg	Kilogram
km	Kilometre
kn	Kilo Newton
l	Litre
ml	Mililitre
mm	Milimetre
MPa	Mega pascal
N	Azot
n	İki sayım arasındaki çıkış yapan filiz sayısı
°C	Santigrad derece
OÇS	Ortalama Çimlenme Süresi
P	Islatma oranı

P_2O_5	Triple Süper Fosfat
R_f	Yüzey akış miktarı
s	Saniye
SCL	Kumlu killi tın
SN	Solma noktası
TFÇ	Tarla Filizi Çıkışı
TFÇD	Tarla Filizi Çıkış Derecesi
TK	Tarla kapasitesi
WUE	Su kullanım etkinliği
ΔS	Toprak nem içeriğindeki değişim miktarı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Araştırmada kullanılan traktör	14
Şekil 3.2. Döner kulaklı pulluk	14
Şekil 3.3. Kombikürüm.....	14
Şekil 3.4. Diskli tırmık.....	15
Şekil 3.5. Dik rotovator.....	15
Şekil 3.6. Pnömatik ekim makinası	15
Şekil 3.7. Doğrudan ekim makinası.....	16
Şekil 3.8. Deneme planı	17
Şekil 3.9. Değişken seviyeli çift silindirli infiltrometre ile deneme alanında infiltrasyon ölçümleri	21
Şekil 3.10. Deneme alanında penetrometre ölçümleri	21
Şekil 3.11. Parçacık boyut dağılımını belirlemede kullanılan toprak örnekleri elekler, mekanik sarsıcı ve hassas terazi	22
Şekil 3.12. Silajlık mısırın hasat görüntüleri	24
Şekil 4.1. Silajlık mısırın yetiştirme periyodunda gerçekleşen yağışlar	25
Şekil 4.2. Silajlık mısırın yetiştirme periyodunda uygulanan sulama miktarları	26
Şekil 4.3. Toprak işleme–ekim yöntemlerinde yetiştirme periyodunda toprak nem değişimleri.....	27
Şekil 4.4. Toprak işleme–ekim yöntemlerinde silajlık mısırın mevsimlik su tüketimi değerleri	28
Şekil 4.5. Toprak işleme–ekim yöntemlerinde hasat sonrası kütle yoğunluğu, tane yoğunluğu ve toplam porozite değerleri.....	30
Şekil 4.6. Toprak işleme–ekim yöntemlerinde farklı toprak derinliklerinde penetrasyon direnci değerleri	31
Şekil 4.7. Toprak işleme ve ekim yöntemlerinde optimum toprak parçacık boyut dağılımı (1–8mm) değerleri	33
Şekil 4.8. Toprak işleme–ekim yöntemlerinde hasat dönemi toprak nem içerikleri	34

Şekil 4.9. Toprak işleme–ekim yöntemlerinde tarla kapasitesi ve solma noktasında tutulan nem miktarları (P_w) ile yararılı su (P_w) ve ıslak agregat stabilitesi değerleri.....	36
Şekil 4.11. Toprak işleme–ekim yöntemlerinde gözenek büyüklük dağılımı	37
Şekil 4.12. Toprak işleme–ekim yöntemlerinde kararlı ve ortalama infiltrasyon hızları.....	38
Şekil 4.13. Toprak işleme–ekim yöntemlerinde hasat sonrası infiltrasyon hızları	39
Şekil 4.14. Toprak işleme–ekim yöntemlerinde hasat sonrası ortalama infiltrasyon hızları	40
Şekil 4.15. Toprak işleme–ekim yöntemlerinde tarla filizi çıkış değerleri.....	42
Şekil 4.16. Mısır silajlık verim değerleri	43
Şekil 4.17. Silajlık mısır kuru madde oranları ve verimleri.....	44
Şekil 4.18. Toprak işleme yöntemlerinde silajlık mısırın sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) ve su kullanım etkinliği (WUE) değerleri.....	45

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Pasinler Ovasına ait uzun yıllar (1975–2015) ve deneme alanının 2015 yılına ilişkin bazı iklim değerleri	12
Çizelge 3.2. Erzurum–Pasinler Ovasında 2015 yılında tarımı yapılan bazı ürünler (Anonim 2015).....	13
Çizelge 3.3. Araştırma alanı topraklarının deneme öncesi bazı fiziksel–hidrolik özellikleri	20
Çizelge 3.4 Araştırma alanı topraklarının deneme öncesi bazı kimyasal özellikleri	20
Çizelge 4.1. Farklı toprak işleme–ekim yöntemlerinde toprak parçacık boyut dağılımı (%) değerleri	33
Çizelge 4.2. Toprak işleme–ekim yöntemlerinde silajlık mısırın vejetatif gelişme değerleri	42

1. GİRİŞ

Küresel ısınmadaki artışlar, ekolojik dengenin bozulmaya başlaması ve artan nüfusa karşılık toprak ve su kaynaklarının yetersizliği gibi hususlar göz önüne alındığında, tarımda kısıtlı kaynaklarla daha fazla ve sağlıklı üretim sağlayacak yolların araştırılması ve geliştirilmesi kaçınılmaz olmuştur. Bu nedenle kıt suyun rantabil kullanılması ve üretim girdilerinin düşürülmesi üzerinde önemle durulması gereken hususlardır.

Binlerce yıldan beri tarımı yapılan ve ana vatanı Amerika olan mısırın, buradan yayılarak dünyanın her yerinde yetiştirildiği bilinmektedir (Geçit vd. 2009). Dünya mısır üretiminin %27'si insanlar tarafından tüketilmekte, %73'lük kısmı da hayvan yemi olarak değerlendirilmektedir. Gelişmekte olan ülkeler mısırın %46'sını hayvan beslenmesinde, %54'ünü insan beslenmesinde ve sanayide hammadde olarak kullanmaktadır. Gelişmiş ülkelerde bu oran hayvan beslenmesinde %90, insan beslenmesinde ve sanayi hammaddesi olarak kullanımda %10 şeklindedir. Mısır, dünyada insan beslenmesinde günlük gerekli kaloringin %11'ini sağlanmaktadır (Öz vd 2017). Türkiye'de 2018 yılı verilerine göre 461 043,6 hektar alanda 23 197 563 ton mısır silajı elde edilmiştir. Erzurum ilinde de 2152,2 ha alanda 96817 ton mısır silajı üretimi gerçekleştirilmiştir (TUİK 2019). 2018/2019 döneminde dünyada 191 190 000 hektar alanda 1 123 000 000 ton mısır elde edilmiştir (USDA 2019).

Türkiye'de yıllık 574 mm yağışın su karşılığı 450 milyar m³ olup, kullanılabilir yüzey üstü su miktarı 94 milyar m³ ve yeraltı su miktarı 18 milyar m³'tür. Dolayısıyla kullanılabilir toplam 112 milyar m³ suyun kişi başına düşen miktarı yaklaşık 1350 m³/yıl'dır. Bu rakamlar Türkiye'yi su sıkıntı çeken ülkeler sınıfına sokmuştur. Mevcut 112 milyar m³ suyun 40 milyar m³'ü sulama, 7 milyar m³'ü içme-kullanma ve 7 milyar m³'ü de sanayide kullanılmaktadır (DSİ 2019).

Ülkemizde ve özellikle Doğu Anadolu Bölgesinde silajlık mısır üretiminin giderek artmasıyla anılan bitkinin su gereksinimindeki artışın yüksek olması üreticilerin gelecekte su kısıntısıyla karşı karşıya kalmalarını kaçınılmaz kılacaktır. Tarımsal amaçlı kullanılan su miktarı, ülkemizin yarı kurak iklim kuşağında bulunması, kullanımında tarım dışı sektörlerin etkinliğinin artması ve kalitenin de kirlilik baskısı altında bozulması sonucu günden güne azalmaktadır. Bu gelişmeler sürdürülebilir tarımsal üretim için temiz su kaynaklarının optimum kullanılmasını zorunlu kılmaktadır (Gençoğlu ve Yazar 1999; Süzer 2003).

Toprak işleme, bakım, sulama ve gübreleme tarımsal üretimde birbirini tamamlayan ve sonuçta yüksek kalite ve miktarda ürün elde edilebilmesini olanaklı kılan en önemli girdilerdir. Bu nedenle, mısır bitkisinden ekonomik verim elde etmek için toprakta bitkinin ihtiyaç duyduğu suyu en etkin kullanan, girdileri azaltan yeni toprak işleme-ekim uygulama yaklaşımlarının geliştirilmesi kaçınılmaz olmuştur.

Yenilenemez enerjiye ve yüksek maliyete dayalı geleneksel toprak işleme-ekim yönteminde, girdileri azaltarak maksimum faydayı sağlamak, sürdürülebilir tarımın araştırma konuları arasındadır. Silajlık mısır Doğu Anadolu Bölgesinde hayvan yeşil yem ihtiyacını karşılamak için giderek yükselen bir oranda yetiştirilen önemli bir bitkidir. Artan nüfus ve ekonomik olarak gelişen dünyada temiz su kaynakları üzerinde artan baskı da sulu tarımda su tasarrufuna yönelik farklı stratejilerin uygulanmasını zorunlu kılmaktadır. Bu çalışmayla, yüksek rakımda yer alan yarı kurak bir iklim bölgesinde silajlık mısır yetiştiriciliğinde farklı toprak işleme-ekim yöntemlerinin; toprak fiziksel ve hidrolik özellikleri, bitki gelişimi ve verim ile su kullanım etkinliği üzerine etkilerinin karşılaştırılması yapılarak en uygun yöntem belirlenmeye çalışılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Artan çevre bilinci ve kaynakların ekonomik kullanımının gerekliliği, son yıllarda tarımda toprak işleme konusunda temel değişikliklerin meydana gelmesine neden olmuştur. Bu değişikliklere bağlı olarak geleneksel toprak işleme yerine koruyucu toprak işleme ve doğrudan ekim uygulamaları yaygınlaşmıştır.

Geçmişte 20. yüzyıl başlarına kadarki dönemde tohum yatağı hazırlanmasında toprağı yırtarak işleyen aletlerin daha çok kullanıldığı görülmektedir. Pulluk toprak işleme aleti olarak kullanılmaya başlaması ise 1. Dünya Savaşı'nın sonlarında kullanılmaya başlanmıştır. Ancak 1950'li yıllarda, sınırlı kaynak toprağın pullukla aşırı işlenmesinin yapısında bozulmalara ve işlemenin daha fazla yoğunlaşmasıyla erozyon artışına, toprak neminde ve organik maddede azalmaya yol açtığı gözlenmiş, bu olumsuzlukları bertaraf etmek için alternatif toprak işleme yöntemlerini geliştirme çalışmaları hızlanmıştır. Bu süreçte, bazı herbisitlerin de keşfiyle, 1960'lı yılların başında toprak işlemez tarım uygulamaya konulmuştur. Daha sonra uygun anıza ekim mibzerlerinin geliştirilip seri olarak üretilmesiyle, toprak işlemez tarım 1960'ların ikinci yarısından itibaren ABD, Brezilya, Arjantin, İngiltere gibi bir çok ülkede özellikle ikinci ürün soya ve mısır üretim alanlarında başlamıştır (Anonymous 1983).

Amerika kıtasının güney ve kuzey bölgeleri doğrudan ekim uygulamalarında %84,6'lık oranla dünyada ilk sıradadır. Anıza doğrudan ekim alanlarının toplam ekili alanlara oranı artışında Arjantin, Paraguay, Brezilya ve Kanada önde gelmektedir. Doğrudan ekim uygulamasının Finlandiya, Slovakya ve İspanya'da da giderek yaygınlaştığı, Finlandiya ve Slovakya'nın topraklarının %9,1'lik bölümünü doğrudan ekim yaparak işlediği, İspanya'da bu değerin %5,1, Yunanistan'da %3,7 olduğu ifade edilmiştir (Derpsch and Friedrich 2009).

Koruyucu toprak işleme-ekim yöntemi; daha az müdahaleyle, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik yapısını koruyarak üretim yapmayı amaçlar. Toprağı erozyondan

korumak için yeteri kadar bitki kalıntılarının yüzeyde bırakıldığı bir uygulamadır. Geleneksel toprak işleme ise toprakların agregat stabilitesini düşürmekte, ekim derinliğinde makro poroziteyi artırırken, daha derin toprak tabakalarında ise poroziteyi azaltmakta, kütle yoğunluğunu artırmaktadır (Hermawan and Cameron 1993).

Üretim maliyetlerinin azaltılması ve erozyon kontrolü gibi önemli gerekçelerle koruyucu toprak işleme–ekim yöntemleri geleneksel toprak işleme–ekim yöntemlerin yerini almaktadır. Geleneksel yöntemle tahıl üretiminde yakıtın %70'inin birincil ve ikincil toprak işlemede tüketilmesi, toprak nemindeki kayıp ve artan erozyon koruyucu toprak işleme eğilimini giderek hızlandırmıştır (Yalçın vd 1997).

Derin toprak işleme, su ve bitki besin maddelerinin daha derin tabakalardan alınmasına yardımcı olacak bir köklenme sistemi sağlamasına rağmen geleneksel toprak işleme uygulamalarında artan tarla tarafiğı ve ağır makine–ekipmanları toprak sıkışmasına yol açarak infiltrasyonda infiltrasyonda bozulmalara, toprak organik maddesinin hızlı tükenmesine neden olmakta, topraktaki mikrobiyal aktiviteyi ve bitki verimliliğini olumsuz etkileyerek toprak yapısında bozulmaları ortaya çıkarmaktadır. Toprak işleme ve kısıntılı su uygulamalarına bağlı yüksek penetrasyon direnci kök bölgesindeki havalanmayı azaltarak bitki gelişimini sınırlandırmaktadır (Gajri *et al.* 1994).

Tarımsal mekanizasyon ve toprak işleme yöntemlerinin toprak kalitesi ve çevreye etkisi konusunda çok sayıda araştırmalar yürütülmüştür. Toprağın üretim kapasitesiyle ilgili kalitesini değerlendirmek için organik madde içeriğı, infiltrasyon hızı, agregasyon, pH, kütle yoğunluğu ve tuzluluk gibi göstergeler kullanılabilmektedir (Astier–Calderon *et al.* 2002).

Toprak işlemede sürekli doğrudan ekim yönteminin kullanımı toprakların hidrolojik, mekanik, fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerde ölçülebilir değışikliklere neden olabilmektedir (Lal and Elder 2008).

Kütle yoğunluğu değerleri toprak işleme yöntemlerinin toprak özellikleri üzerine etkilerini ortaya koymak için yaygın olarak kullanılan bir kalite göstergesidir. Karlen (2004)'e göre topraklarda daha yüksek kütle yoğunluğu değerleri daha yüksek bir sıkıştırma seviyesini göstermektedir. Roscoe and Burman (2003)'de kütle yoğunluğu değerlerinin yüksek olmasının toprakta sıkışmayı gösterdiğini ve bu değerlerin geleneksel toprak işleme-ekim yönteminin uygulandığı alanlarda, doğrudan ekim yapılan alanlara göre daha yüksek olduğunu ifade etmişlerdir. Birkas vd (2004)'de pulluk ve diskli aletler ile yapılan düzenli derin toprak işlemenin ilk üç yılda üst toprak katmanlarında sıkışmalara neden olduğunu ve beş yılın sonunda sıkışmanın alt tabakalarda da görüldüğünü ortaya koymuşlardır.

Birçok araştırmacı topraktaki organik madde miktarının yüksekliği ile verim arasında ilişkinin önemine değinmişler ve toprağın organik madde içeriğinin bir kalite göstergesi olduğunu belirtmişlerdir. Penetrometre direnci ve kütle yoğunluğunun, toprak sıkışıklığının bir göstergesi olduğu, bitki köklerinin yüksek dirence sahip toprak katmanlarından olumsuz etkilendiği görülmüştür. Zemin sıkışıklığındaki olası bir artış, kök uzamasını ve köklerin derinlerine nüfuz etmesini engellemektedir. İdealden daha yüksek penetrasyon direnci daha yüksek bir sıkıştırma seviyesini gösterir ki bu da bitki gelişimini olumsuz etkilemektedir (Hall and Raper 2005).

Geleneksel toprak işleme, büyüme mevsimi boyunca toprağın fiziksel özelliklerini önemli ölçüde değiştirebilir. Birbirini takip eden toprak işleme uygulamalarında fazla makina kullanımı alt toprak katmanlarında sıkışmaya ve taban taşı oluşumuna sebep olur ve bu katman toprağa uygulanan suyun derine sızmasını engelleyerek, bitki gelişimini olumsuz etkileyebilir (Singh *et al.* 2009). Fransa'da geleneksel toprak işleme yapılan bir deneme, kütle yoğunluğunun %15–20 civarında arttığı, toprağın hidrolik iletkenlik değerinin de kütle yoğunluğunun tersine azaldığını ortaya konmuştur. Oysa toprak işlemez koşullarda bu bozulmanın birkaç yıl aldığı tespit edilmiştir. Kanada da toprak işlemez ekim yapılan siltli killi topraklarda 11 yılın sonunda kütle yoğunluğunda sadece %10'luk bir değişim olduğu ortaya konmuştur (Dam *et al.* 2005).

Azaltılmış toprak işleme ve doğrudan ekim sistemlerinin çevresel üstünlüğü yanında, ekonomik üstünlükleri de bu sistemlerin yaygınlaşmasında önemli bir etken olmuştur. Bunların başında insan iş gücü ihtiyacını %50'ye kadar azaltması, zaman, yakıt ve makina girdi maliyetlerinden tasarruf sağlamasıdır (Crabtree 2010).

İkinci ürün tane mısır yetiştiriciliğinde geleneksel, azaltılmış toprak işleme ve toprak işlemez tarım yöntemlerinin kullanıldığı bir çalışmada geleneksel yöntemle göre, diğer iki yöntemin daha ekonomik olduğu belirlenmiş ve yöntemlerin birim alana yakıt tüketimleri sırası ile 25, 18 ve 7 l/ha olarak belirlenmiştir (Zeren vd 1993).

Gözübüyük vd (2018) Erzurum yöresinde sulu ve kuru tarım koşullarında yapmış oldukları çalışmada, geleneksel toprak işleme–ekim yönteminde bir hektar alanın işlenmesi ve ekimi için 8,13 h makina ve 9,74 h insan işgücüne ihtiyaç olduğunu, anıza doğrudan ekim yönteminde ise bu işlemlerin 1,63 h makine ve 3,48 h insan işgücü ile yapılabileceğini, ayrıca anıza doğrudan ekim yönteminde, geleneksel toprak işleme–ekim yönteminde tüketilen toplam yakıtın %21'inin tüketildiğini belirtmişlerdir.

Geleneksel toprak işleme uygulamaları; toprağın su tutma kapasitesi ve suyun hareket edebilme potansiyeli ile toprakta organik madde azalması, mikrobiyal aktivite ve verimliliği olumsuz etkileyen yapısal bozulmasına yol açmaktadır (Ramos *et al.* 2011).

Anızın yakılması organik madde miktarında azalmaya neden olmakta, toprakların fiziksel bakımından kırılgan bir yapıya sahip olmalarına yol açmaktadır. Bununla birlikte, toprak işlemez uygulamalar yardımıyla, bitkisel atık yönetimi ile bu sorunu büyük ölçüde çözülebilmektedir (Afzalnia and Zabihi 2014).

Bitkisel üretimde toprak işlemenin amacı, çimlenme ve bitki gelişimi amacıyla fiziksel koşulları uygun hale getirip, optimum tohum yatağı hazırlamaktır. Yoğun işlenen topraklarda kademeli olarak agregasyondaki zayıflama ile birlikte hem toprağın su tutma kapasitesinde azalmalar ve hem de erozyona maruz kalma durumu ortaya çıkarmaktadır (Alletto *et al.* 2015).

Enerji tasarrufu ve toprak erozyonunun azaltılması nedeniyle artan kârlılık ve çevresel katkı, dünyanın birçok yerinde azaltılmış toprak işleme uygulamalarının kullanılmasına ilgiyi artırmıştır. Toprak işlemenin azaltılması ile maliyetlerinin düşmesinin yanında toprak suyunun buharlaşmasındaki azalma da azaltılmış toprak işleme uygulamaların yaygınlaşmasına katkı sağlamıştır. Geleneksel toprak işleme yöntemi sadece yüksek bir enerji girdisine ihtiyaç duymaz, aynı zamanda toprağın yapısının bozulmasına neden olur. Bu sınırlamalar göz önüne alındığında, azaltılmış toprak işleme uygulamalarının ürün verimi üzerinde etkili olup olmadığı ortaya konulmalıdır (Kahlon and Khurana 2017).

Çakır *et al.* (2003), buğday üretiminde doğrudan ekim ve geleneksel toprak işleme yöntemlerini karşılaştırmışlardır. Geleneksel toprak işlemede; çizel, diskaro, sürgü ve ekim makinası, doğrudan ekimde ise anıza ekim yapabilen makina kullanmışlardır. Doğrudan ekimde geleneksel uygulamaya göre %13 daha fazla verim elde etmişlerdir.

Thomas *et al.* (1996) buğday yetiştiriciliğinde uyguladıkları sıfır toprak işlemede toprakta daha fazla su depolanmasının sağlandığını ve bunun da kuru madde veriminde ve su kullanımında artışa sebep olduğunu, ancak buğday tane veriminde geleneksel toprak işlemeye göre ciddi bir farkın olmadığını belirlemişlerdir.

2006 yılında Çukurova Bölgesi'nde buğday sonrası ikinci ürün silajlık mısırdaki yapılan bir çalışmada, azaltılmış toprak işleme, bantvari toprak işleme, sırta ekim ve doğrudan ekim yöntemleri, geleneksel toprak işleme-ekim yöntemi ile teknik ve ekonomik yönden karşılaştırılmıştır. En yüksek mısır silaj verimi azaltılmış toprak işleme yönteminden, en düşük verim ise bantvari toprak işleme yönteminden elde edilmiştir. Yöntemler arasında en düşük yakıt tüketimi ve en yüksek iş verimi doğrudan ekim yönteminde belirlenmiştir. Böylece doğrudan ekim yöntemi yakıt tüketimi, zaman ve iş verimi açısından diğer yöntemlere göre önemli miktarda tasarruf sağlanmıştır (Karaağaç 2007).

Bayhan vd (2006) Trakya bölgesinde ikinci ürün silajlık mısırdaki beş farklı toprak işleme yöntemi ile doğrudan ekim yöntemi verim, yakıt tüketimi ve güç gereksinimi açısından karşılaştırmışlar, doğrudan ekimin diğer uygulamalara göre en iyi sonuçları verdiğini belirtmişler ve bölgede ikinci ürün silajlık mısır için azaltılmış toprak işleme ve doğrudan ekim yöntemini önermişlerdir.

Karaağaç ve Barut (2009) Çukurova’da ikinci ürün silajlık mısırdaki geleneksel ve koruyucu toprak işlemeli üretim yöntemlerinin bitki gelişimi ve işletme ekonomisine etkilerini karşılaştırmışlardır. Geleneksel, şeritvari, azaltılmış, sırta ekim ve toprak işlemez yöntemleri arasında en yüksek silaj verimi azaltılmış toprak işleme yönteminden, en düşük verimi ise şeritvari toprak işleme yönteminden elde etmişlerdir.

Ülkemizin güneyinde yer alan yarı kurak bölgelerde, toprak organik madde içeriği anız yakma ve yoğun toprak işleme uygulamaları nedeniyle diğer bölgelere oranla daha düşük bulunmuştur. Bu bölgelerde toprak işleme yöntemleri ile toprak özellikleri arasındaki ilişki çalışılmış olmasına rağmen, araştırmacılar toprak işleme yöntemine bağlı toprak yapısındaki değişimi ortaya koyamamışlardır (Barut ve Çelik 2017).

Sulama, modern tarımın ayrılmaz bir parçasıdır ve bitkisel üretimde en önemli tarımsal girdilerden birini oluşturmaktadır. Ancak topraktaki suyun etkisi kullanım yollarının geliştirilmesi kadar sulamanın zamanlaması da önemlidir (Yıldırım 1993). Doorenbos and Kassam (1979) mısır bitkisinin toprakların kullanılabilir su tutma kapasitesinin %55’nin tüketildiğinde sulanması halinde iyi bir verim elde edilebileceğini vurgulamışlardır. Patel *et al.* (1985) ise yapmış oldukları çalışmada, mısır bitkisinde en yüksek dane verimini topraktaki yararlı suyun %25 tüketildikten sonra sulamanın uygulandığı konudan elde etmişlerdir.

Mısırdaki erken gelişme dönemlerinde bitkide solgunluk belirtileri görülmeye başladığında yaklaşık 15–20 gün aralarla 2–3 sulama yapılabilir. Sulama aralığının hesaplanmasında ölçü, topraktaki nemin solma noktasına inmemesi ve genellikle topraktaki yararlı su %50’ye düştüğünde su verilmesidir (Gençoğlu ve Yazar 1996).

Stegman (1986) yarı nemli iklim bölgesindeki farklı toprak bünyesine sahip olan iki ayrı alanda mısır bitkisinin su-verim ilişkilerini araştırmış ve mevsimlik sulama suyundan kaba bünyeli toprakta %23, orta bünyeli toprakta ise %30 düzeyinde bir kısıntı yapılması halinde verimde %5 civarında bir azalma olduğunu saptamıştır.

Lopez *et al.* (1996) İspanya'nın 300–600 mm arası yağış alan dört farklı bölgesinde geleneksel, azaltılmış ve sıfır toprak işlemenin, toprak su tutma kapasitesi ile penetrasyon direncine etkisini incelemişlerdir. Deneme süresince geleneksel ve azaltılmış toprak işleme uygulamalarının, topraktaki nem birikimine etkilerinin birbirine yakın olduğu belirlenirken, sıfır toprak işlemenin etkisinin değişken olduğunu saptamışlardır. Bu alanlarda azaltılmış toprak işlemenin, toprak nemi ve penetrasyon direncine olumsuz etki yapmadığı, bu uygulamanın geleneksel toprak işlemenin yerini alabileceğini ortaya koymuşlardır.

Moraes and Benez (1996) beş farklı toprak işleme yönteminin toprakların fiziksel özelliklerine, mısır tane verimlerine etkisi araştırılmış, üst toprağı işleyen sistemlerin makro porozite ve toplam poroziteyi arttırıp, mikro poroziteyi azalttığını ve alt topraktaki penetrasyon direncinin toprak işleme sistemlerinden önemli şekilde etkilendiğini belirlemişlerdir. Ancak araştırmacılar toprak işleme ve ekim yöntemleri farklılıklarının hacim ağırlığı ve hidrolik iletkenlik değerlerine önemli etkisinin olmadığını belirtmişlerdir.

Bayrak (1997) sulama zamanı için bitki boyu 40–45 cm olunca birinci su, tepe püskülünde ikinci su, koçan oluşumu döneminde üçüncü su ve süt oluşumunda da dördüncü su önerisinde bulunmuş ve her sulamada verilecek suyu 100 mm olarak belirlemiştir.

Tariq *et al.* (2003) Pakistan'da farklı bitki kap katsayısıyla (kcp) yapmış oldukları çalışmada, mısır bitkisinde en yüksek verimi kcp: 0,75 konusundan elde etmişlerdir. El-Tantawy *et al.* (2007) mısır'da en yüksek verimi kcp: 1,0 ve 1,20 olan sulama konusundan elde etmişlerdir. Kızıloğlu vd (2009)'da yarı kurak serin iklim koşullarında

silajlık mısırdaki su verim ilişkileri, su kullanım etkinliği ile bitki ve pan katsayılarını belirlemek amacıyla yürüttükleri iki yıllık bir araştırma sonucunda; silajlık mısır için kcp katsayısı ilk yıl 0,84 ve ikinci yıl 1,01 olarak belirlemişlerdir. Bu sonuçlar mısır su tüketiminde iklim koşullarının farklı etkilerinin değerlendirilmesinin gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Uzun süreli toprak işleme uygulamalarının mısır verimine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, doğrudan ekim uygulamasının siltli tın ve tınlı kum topraklarda daha iyi sonuçlar sağladığı ifade edilmiştir (Nunes *et al.* 2018).

Hernández *et al.* (2019) yaptığı çalışmada doğrudan ekim yönteminde tutulan suyun fazlalığının daha yüksek poroziteden kaynaklandığını, su iletimi sağlayan porlarda düşük değişimler olduğunu bununda yüksek kütle yoğunluğundan kaynaklandığını ifade etmişlerdir.

Gholami *et al.* (2014) üç farklı toprak işleme uygulamasının (doğrudan ekim, azaltılmış ve geleneksel toprak işleme) hacim ağırlığı, porozite ve nem içeriğinde önemli değişimler oluşturabildiğini, doğrudan ekimden geleneksele doğru hacim ağırlığının 1,41 g/cm³'ten ile 1,29 g/cm³'e düştüğünü, poroziteninde %47,6'dan %52,5'e arttığını bildirmişlerdir.

Idowu *et al.* (2014) kısa süreli koruyucu toprak işleme uygulamalarının silajlık mısır verimi ve toprak kalitesi üzerine etkileri konusunda yaptıkları çalışmada, fiziksel özellikler üzerine önemli etkiler belirleyememiş, koruyucu toprak işleme uygulamasının toprak kalitesini koruyarak sürdürülebilir silajlık mısır üretimi sağlayabileceğini bildirmişlerdir.

Ren *et al.* (2019) mısır yetiştirme sezonunda yoğun işlemeye göre azaltılmış işlemede toprak nem içeriğini daha yüksek belirlemiş, mısır veriminde artış trendinin olduğunu ifade etmişlerdir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma yerinin tanımı

Bu araştırma, Erzurum ili Pasinler İlçesindeki Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü'ne bağlı, Pasinler Araştırma İstasyonunda yürütülmüştür. Pasinler Ovası $39^{\circ}51'-40^{\circ}10'$ kuzey enlemleri ile $41^{\circ}35'-42^{\circ}10'$ doğu boylamları arasında, Yukarı Aras Havzası içerisinde yer almaktadır. Ovanın batı, kuzey ve güney yönleri yüksek dağ sıralarıyla çevrilmiş olup, doğu kısmı Aras nehri vadisine açılmaktadır. Aşağı ve Yukarı Pasinler olmak üzere iki büyük parçadan oluşan 35 000 ha'lık alanıyla batıdan doğuya uzanan çukurluk şeklindedir. Uzunluğu 33 km, genişliği ise 7–10 km arasında değişmektedir ve oldukça yüksek bir rakıma (1800 m) sahiptir. Pasinler Ovası batı, kuzey ve güneyden yer yer 3000 metreyi aşan dağ silsileleri ile çevrilmiştir (Gözübüyük 2016).

3.1.2. Araştırma yerinin iklim özellikleri

Denemenin yürütüldüğü Pasinler ovasında tipik karasal iklim görülmektedir. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar uzun ve sert geçmektedir. Gece ile gündüz sıcaklık farkı fazladır, yıllık yağış miktarı 404,5 mm'dir. Uzun yıllar ortalaması baz alındığında en fazla yağış 60,5 mm ile Mayıs ayında, en düşük yağış ise 13,1 mm ile Ağustos ayında görülmektedir. Yıllık ortalama sıcaklık $6,5^{\circ}\text{C}$ olup, en düşük sıcaklık değeri $-9,9^{\circ}\text{C}$ ile Ocak ayında, en yüksek sıcaklık ise $20,6^{\circ}\text{C}$ ile Ağustos ayında saptanmıştır. Yıllık ortalama nispi nem %60,8 olup, bu değer Ağustos ayında %46'ya düşerken, Mart ve Aralık aylarında %72 değerine ulaşmaktadır. Karla örtülü gün sayısı 80,4 ve yıllık ortalama buharlaşma miktarı 1 059 mm'dir. Yörede ilk don Ekim ayı son haftası, son don ise nisan ayının ilk haftasında görülmektedir. Vegetasyon peryodunda Pasinler bölgesine ait uzun yıllar ortalama iklim verileri (Anonim 2015) ve çalışmanın yapıldığı

2015 yılında deneme alanında kurulmuş olan meteoroloji istasyonunda ölçülen bazı iklim verileri (DATAE 2015) Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Pasinler Ovasına ait uzun yıllar (1975–2015) ve deneme alanının 2015 yılına ilişkin bazı iklim değerleri

Yıllar	İklim parametreleri	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
1975–2015	Toplam yağış (mm)	30,5	14,7	18,3	18,8
	Ortalama Sıcaklık (°C)	15,7	20,0	20,5	16,0
	Ortalama nispi nem (%)	56,5	49,3	46,2	48,0
2015	Toplam yağış (mm)	16,0 ^s	13,7	30,0	2,9 [#]
	Ortalama Sıcaklık (°C)	16,8 ^s	21,1	21,4	18,1 [#]
	Ortalama nispi nem (%)	56,6 ^s	46,4	48,7	45,1 [#]

^s 2-30 Haziran 2015, [#] 1-17 Eylül 2015

3.1.3. Araştırma yerinin toprak özellikleri

Çalışma alanında yeni sınıflama sisteminde göre Entisoller ordosunda yer alan aluviyal kökenli topraklar yaygındır. Bu topraklar profil gelişmesi yönünden oldukça zayıftır ve A–C horizonlarına sahiptir. Topraklar organik maddece fakir, kireç bakımından zengindir. Bünye genellikle ağırdır, ancak birikme alanının akarsu taşıma bölgesine yakın alanlarda toprak bünyesi kabadır. Toprakların pH değerleri 7,5–8,1 ve tuzluluğu da %0,040–0,053 arasında değişmektedir. Fosfor ve organik madde içeriği yönünden fakir, potasyum miktarı bakımından zengin içeriğe sahiptirler (Gözübüyük 2016). Araştırmanın yürütüldüğü topraklar ovanın genelini temsil edecek karakterde, kumlu–killi–tın bünyeye sahiptirler, hafif bazik reaksiyonda ve kireçlidirler.

3.1.4. Tarımsal yapı ve üretim

Erzurum ili ve Pasinler ilçesi arazilerinin büyük bir kısmında tarla bitkileri tarımı yaygındır. Tarımı yapılan ürünlerin 2014 yılına ait verileri 3.2’de verilmiştir (Anonim 2015).

3.1.5. Bitki özellikleri

Bu çalışmada da bölgeye iyi adapte olmuş orta erkenci, DKC-5783 mısır çeşidi kullanılmıştır. DKC-5783; FAO 500 grubunda, sap ve gövde yapısı çok sağlam, toprak seçiciliği olmayan, sıcak ve kurak koşullarına dayanıklı, kuvvetli kök ve sap yapısına sahip, hem tane hem de silaj üretimine uygun, verim potansiyeli çok yüksektir.

Çizelge 3.2. Erzurum-Pasinler Ovasında 2015 yılında tarımı yapılan bazı ürünler (Anonim 2015)

Ürün adı	Ekilen Alan (ha)	Üretim (ton)	Verim (kg/ha)
Buğday	11 180,3	26 560	2 380
Arpa	2 639,4	6 493	2 460
Patates	2 418,7	59 412	24 560
Ayçiçeği (Çerezlik)	63,9	149	2 330
Ayçiçeği (Yağlık)	1 400	2 498	1 780
Şekerpancarı	475	22 260	46 860
Mısır (Silajlık)	1 500	60 000	40 000
Fiğ (Yeşil Ot)	2 310	34 650	15 000
Yonca (Yeşil Ot)	3 337,6	48 395	14 500
Korunga (Yeşil Ot)	2 500	32 500	13 000

3.1.6. Sulama suyu özellikleri

Araştırmada kullanılan sulama suyu, Doğu Anadolu tarımsal Araştırma Enstitüsü Pasinler istasyonunda içme suyu olarak kullanılmakta olan yeraltı suyudur. Kalite açısından bu su C₁S₁ sınıfındadır ve sertlik sınıfına göre de yumuşak su sınıfına girmektedir (Kanber ve Ünlü, 2010).

3.1.7. Araştırmada kullanılan tarım alet ve makinaları

Araştırmada kullanılan tarım alet-makinaların teknik özellikleri ve parsellerdeki çalışma görüntüleri Şekil 3.1–3.7’de verilmiştir.



Teknik özellikler

Markası	: MF
Tip	: 365S
Gücü	: 50 kW
Net ağırlığı	: 3 396 kg

Şekil 3.1. Araştırmada kullanılan traktör



Teknik özellikleri

İş genişliği	: 900 mm
Ağırlığı	: 440 kg

Şekil 3.2. Döner kulaklı pulluk



Teknik özellikleri

Tipi	: Dişli+döner tırmık
İş genişliği	: 2 200 mm
Ağırlığı	: 440 kg

Şekil 3.3. Kombikürüm



Şekil 3.4. Diskli tırmık

Teknik özellikleri

Tipi	: Tandem
İş genişliği	: 2100 mm
Ağırlığı	: 420 kg
Disk sayısı	: 24
Disk çapı	: 420 mm
Batarya sayısı	: 4



Şekil 3.5. Dik rotovator

Teknik özellikleri

İş genişliği	: 2000 mm
Rotor sayısı	: 8 Adet
Bıçak yüksekliği	: 160 mm
Toplam bıçak sayısı	: 16
Ağırlığı	: 510 kg



Şekil 3.6. Pnömatik ekim makinası

Teknik özellikleri

Ekici ayak tipi	: Diskli
İş genişliği	: 3000 mm
Ayak sayısı	: 21 Adet
Sıra arası mesafe	: 143 mm
Tohum deposu	: 400 l
Ağırlığı	: 372 kg



Teknik özellikleri

İş genişliği	: 2500 mm
Ayak sayısı	: 13 Adet
Ayak tipi	: Çapa
Sıra arası mesafe	: 192 mm
Tohum deposu	: 400 l
Ağırlığı	: 1 400 kg
Tohum deposu kapasitesi	: 350 l
Gübre deposu kapasitesi	: 350 l

Şekil 3.7. Doğrudan ekim makinası

3.2. Yöntem

3.2.1. Deneme deseni

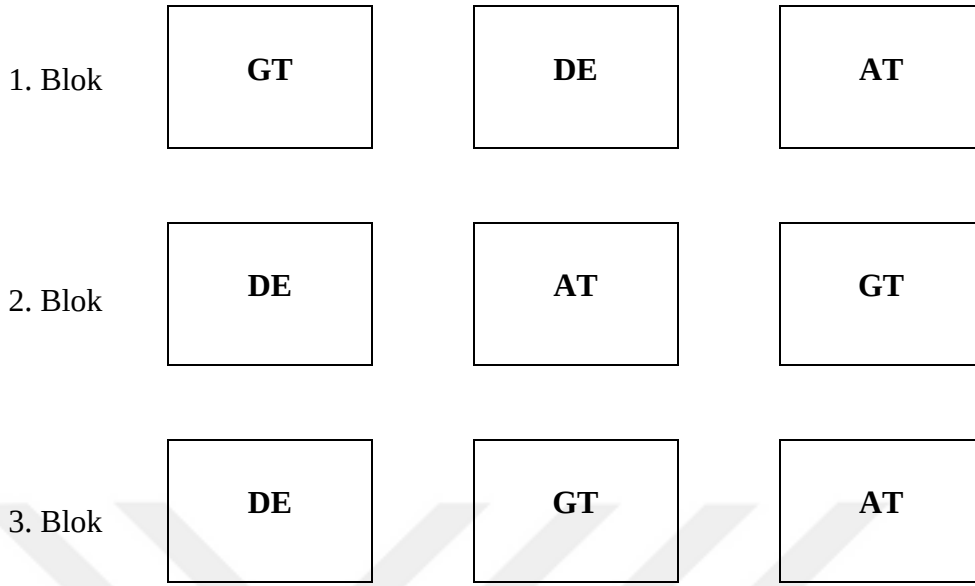
Deneme, tam şansa bağlı tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekrarlı olarak yürütülmüş, deneme konularını;

GT: Geleneksel toprak işleme (pulluk+diskli tırmık+kombikürüm+ekim makinası),

AT: Azaltılmış toprak işleme (dik rötovatör +ekim makinası),

DE: Doğrudan ekim (doğrudan ekim makinası) olmak üzere üç toprak işleme–ekim yöntemi oluşturmuştur.

Çalışma toplam 9 parselde yürütülmüş ve her parsellerde 0,70 m (doğrudan ekimde 0,76 m) aralıkla 6 sıra bitki yer almıştır. Parsel genişliği 4,2 m (doğrudan ekimde 4,56 m), parsel uzunluğu 15 m ve parsel alanı 63 m², parseller arası boşluk 2 m, bloklar arası boşluk 4 m'dir. Deneme planı Şekil 3.7'de verilmiştir.



Şekil 3.8. Deneme planı

3.2.2. Sulama sistemi ve sulama suyu uygulamaları

Sulama yüzey üstü damla sulama yöntemiyle yapılmıştır. Damla sulama sistemi; pompa, hidrosiklon, gübre tankı, elek filtre, manometreler, basınç düzenleyici, ana vana, her parsel için kontrol vanaları, su sayaçları, manifold boru hatları ve 20 cm aralıklı in-line damlatıcılı (4 l/h) lateral hatlardan oluşmuştur. Her iki bitki sırasına bir olacak şekilde lateraller 140 cm (doğrudan ekimde 152 cm) aralıkla yerleştirilmiştir.

Sulamaya bitkiler 6–8 yapraklı olduğunda 24 Temmuz’da başlanmıştır. Sulamalar topraktaki yarayışlı suyun yaklaşık %50’si tüketildiğinde %65 ıslatma yüzdesi dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Sulama suyu hesabında aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır. Sulama suyu uygulamaları koçan püskülünün tamamen kuruyup, danenin hamur olum dönemi başlangıcı (27 Ağustos) kadar sürdürülmüştür (Kanber, 1999). Sulama suyu hesabında etkili kök derinliği 90 cm alınmıştır (Güngör vd 1996).

$$I = (TK - MN) \times \gamma_s \times D \times P/100$$

Eşitlikte; I: sulama suyu miktarı (mm), TK: tarla kapasitesinde tutulan nem (%Pw), MN: mevcut nem (%Pw), γ_s : kütle yoğunluğu (g/cm³), D: etkili kök derinliği (mm) ve P: ıslatma oranı (%)’dır.

3.2.3. Bitki su tüketimlerinin belirlenmesi

Bitki gerçek su tüketimi su bütçesi yöntemine göre aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Jensen *et al.*1990).

$$ET_a = I + P + C_r - D_w - R_f \pm \Delta S$$

Eşitlikte; ET_a: gerçek bitki su tüketimi (mm), I: uygulanan sulama suyu miktarı (mm), P: yağış miktarı (mm), C_r: kapilar yükselme (mm), D_w: kök bölgesinden drene olan su miktarını (mm), R_f: yüzey akışı (mm) ve ΔS : toprağın nem içeriğindeki değişim (mm)’dir.

Etkili kök derinliğinde her 30 cm’de bir nem ölçümleri her ayın 10, 20 ve 30/31. günlerinde, her sulamadan önce, sezon başı ve hasat zamanı gravimetrik yöntem ile yapılmıştır (Kızıloğlu vd 2009). Nem takipleri ikinci bloktaki parsellerde gerçekleştirilmiştir. Yağış miktarı deneme alanına yerleştirilen pülüvyometre ile ölçülmüştür. Deneme alanında su tablası derinde olduğundan dolayı kapillar yükselme ihmal edilmiştir. Alanın tamamı ıslatılmadığından ve vejetasyon periyodu yağışları da düşük olduğundan (Şekil 4.1) derine sızma dikkate alınmamıştır. Parsellere sulama suyu damla sulama yöntemiyle kontrollü uygulandığından yüzey akışında gözlenmemiştir.

3.2.4. Sulama suyu (IWUE) ve su kullanım (WUE) etkinlikleri

Sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) ve su kullanım etkinliği (WUE) için Howell *et al.* (1990) tarafından önerilen eşitliklerden yararlanılmıştır. IWUE (t/ha/mm) 1 hektar alandan elde edilen silajlık veriminin (t/ha) sulama suyu miktarına (mm) ve WUE

(t/ha/mm) ise 1 hektar alandan elde edilen silajlık verimin (t/ha), bitki su tüketimine (mm) bölünmesiyle hesaplanmıştır.

3.2.5. Kültürel işlemler

Deneme bir önceki yıldan kalan buğday anızı üzerine geleneksel toprak işlemede döner kulaklı pullukla derin sürüm yapılarak diskli tırmık ve kombikürüm ile ekime hazırlandıktan sonra pnömatik hassas mibzer ile ekim yapılmıştır. Azaltılmış toprak işleme konusu kuyruk milinden hareketli dikey toprak frezesi ile toprak işlendikten sonra pnömatik hassas mibzer ile ekim, doğrudan ekim parsellerinde ise toprak işlenmeden anıza doğrudan ekim işlemi yapılmıştır. Mısır bitkisi 15x4.20 m (doğrudan ekimde 15x4,56 m) parsellere GT ve AT yöntemlerinde 70 cm sıra arası, DE yönteminde ise 76 cm sıra arası olacak şekilde 2 Haziran'da ekilmiştir.

Tüm parsellere geniş yapraklı yabancı ot mücadelesi için hektara 700 mililitre herbisit ilacı atılmıştır. Bitkilerin çıkışı tamamlandıktan sonra yaklaşık 20–25 cm boya ulaşınca tüm konularda ilk çapa ve seyreltme yapılmış, bitkiler GT ve AT yöntemlerinde 15 cm, DE yönteminde ise 14 cm sıra üzeri olacak şekilde seyreltilmiştir. Daneler, silajlık mısır için uygun hasat dönemi olan süt olum–hamur olum dönemine ulaşınca 17 Eylül'de elle hasat edilmiştir.

Gübrelemede N ve P₂O₅ uygulaması, başlangıç toprak analiz verileri esas alınarak eksik dozları standart dozlara ulaştıracak miktarlarda yapılmıştır. Çalışmada uygulanan standart gübre dozları 170 kg/ha N (Üre) ve 100 kg/ha P₂O₅ (TSP)'dir (Güçdemir 2006). Fosforlu gübrenin tamamı, azotlu (amonyum sülfat) gübrenin 1/2'i taban gübresi olarak tüm parsellere ekimle birlikte, kalan gübrenin 1/2'lik kısmı bitkilerin boyu 40–45 cm olunca (6-8 yapraklı) 2. çapa ile birlikte fertigasyon yöntemi ile verilmiştir.

3.2.6. Toprak analizleri

Fiziksel–hidrolik ve kimyasal analizler

Bozulmamış ve bozulmuş toprak örneklerinde fiziksel–hidrolik özelliklerden dane büyüklük dağılımı, kütle yoğunluğu, tane yoğunluğu, porozite, tarla kapasitesinde tutulan nem, solma noktasında tutulan nem, yarıyışlı su, ıslak agregat stabilitesi ve gözenek büyüklük dağılımı Klute (1986)’deki yöntemlerle belirlenmiştir. Toprak reaksiyonu, elektriksel iletkenlik, organik madde, kireç, yararlanılabilir fosfor ve potasyum içeriği gibi kimyasal özelliklerde Tüzüner (1990)’de belirtilen yöntemlerle belirlenmiştir. Deneme alanı topraklarının deneme öncesi bazı fiziksel–hidrolik özellikleri Çizelge 3.3’de, kimyasal özellikleri de Çizelge 3.4’de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Araştırma alanı topraklarının deneme öncesi bazı fiziksel–hidrolik özellikleri

Toprak Derinliği (cm)	Fraksiyon (%)			Bünye Sınıfı	Kütle yoğ. g/cm ³	Tarla Kapasitesi		Solma Noktası	
	Kil	Silt	Kum			P _w	mm	P _w	mm
0–30	28,15	23,50	48,35	SCL	1,30	22,5	87,75	11,8	46,02
30–60	24,50	27,30	48,20	SCL	1,35	21,6	87,48	11,6	46,98
60–90	22,30	23,44	54,26	SCL	1,39	20,8	86,74	10,8	45,04
Toplam							261,97		138,04

Çizelge 3.4 Araştırma alanı topraklarının deneme öncesi bazı kimyasal özellikleri

Toprak Derinliği (cm)	EC dS/m	pH	CaCO ₃ %	Organik Madde, %	Fosfor kg/da	Potasyum kg/da
0–30	1.74	7.23	0.16	0.87	2.12	129
30–60	1.39	7.49	0.16	0.58	1.53	87.0
60–90	1.51	7.60	1.96	0.87	2.12	190

İnfiltrasyon ölçümleri

Deneme parsellerinde değişken seviyeli çift silindirli infiltrometre ile infiltrasyon ölçümleri yapılmıştır (Şekil 3.9). Ölçülen değerlerden regresyon modeli yaklaşımıyla infiltrasyon hızı ve ortalama infiltrasyon hızı eşitlikleri çıkarılmıştır (Delibaş 1994).



Şekil 3.9. Değişken seviyeli çift silindirli infiltrometre ile deneme alanında infiltrasyon ölçümleri

Toprak penetrasyon direnci

Toprak penetrasyon direnci koni uç açısı 60° olan penetrometre ile belirlenmiştir (Şekil 3.10). Penetrasyon ölçümleri toprak işleme öncesinde ve sonrasında 10 cm'lik aralıklarla 30 cm derinliğe kadar yapılmıştır. Ölçme hassasiyeti %1 olup, her parselden 3 tekerrürlü ve 3 cm/s batma hızı baz alınarak toprağa batırılmaya çalışılmış ve batma ucuna düşey yönde etki eden direnç ölçülmüştür (Bradford 1986).



Şekil 3.10. Deneme alanında penetrometre ölçümleri

Toprak parçacık boyut dağılımı

Toprak işleme uygulamasından sonra her parselin etkili çalışma derinliğinden 3 kg kadar alınan toprak örnekleri, laboratuvarında 1,5 ay kurutulmaya bırakılmıştır. Kasek

çapı 200 mm olan 1, 2, 4, 8, 16, 32, 63 mm’lik delik çaplarına sahip, kare delikli elekler kullanılarak (Eghball *et al.* 1993), titreşim frekansı 50 hz ve eleme süresi 30 s olarak belirlenen (Çelik, 1998) RETSCH marka mekanik sarsıcı yardımıyla toprak örnekleri 8 ayrı fraksiyona ayrılmıştır (Şekil 3.11). Eleme sonrası elekler üzerinde kalan toprak miktarı, dijital göstergeli, 4 000 g ölçüm kapasiteli ve 1/100 g hassasiyetindeki terazi ile tartılarak her fraksiyonun örnek toplamına göre % miktarı belirlenmiştir.



Şekil 3.11. Parçacık boyut dağılımını belirlemede kullanılan toprak örnekleri elekler, mekanik sarsıcı ve hassas terazi

Gözenek büyüklük dağılımı

Gözenek büyüklük dağılımının belirlenmesinde deneysel olarak elde edilmiş pF eğrileri kullanılmıştır. pF eğrileri 0,01, 0,1, 1, 0,33 ve 15 atm’lik tansiyonlarda tutulan hacim yüzdesi nem miktarları ile porozite değerleri dikkate alınarak çıkarılmıştır (Demiralay 1993).

Genel olarak topraklarda, ekosisteme gaz geçişlerini ve yüksek infiltrasyon hızlarını sağlayan 100 μ ’dan büyük gözenekler drenaj ve havalanma gözeneklerini (makropor), 100–30 μ arası gözenekler toprakta suyun tutulmasını ve hızlı iletimini sağlayan orta gözenekleri (mezopor), 30–3 μ arası gözenekler su tumaya yarayan küçük gözenekleri (mikropor) ve <3 μ olan gözeneklerde bitkiler için yararlısız suyun tutulduğu çok

küçük gözenekleri (ultramikropor) oluşturmaktadır (Jigau 2010; Sahin and Anapali, 2006).

3.2.7. Silajlık mısırdaki çimlenme ve çıkış

Çimlenme ve çıkışların değerlendirilmesinde tarla filizi çıkışı, tarla filizi çıkış derecesi ve ortalama çimlenme süresi dikkate alınmıştır. Ekimden 9 gün sonra her parselden üç tekerrürlü olarak üçer gün arayla çimlenen bitkilerin sayımları yapılmıştır. Sayımla elde edilen değerlerden tarla filizi çıkışı (TFÇ; adet/m²), tarla filizi çıkış derecesi (TFÇD) ve ortalama çıkış süresi (OÇS) aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır (Çarman 1994; Mohanty and Painuli 2004).

$$TFÇD = \frac{ÇBS}{EBS} \times 100$$

TFÇD: Tarla filizi çıkış derecesi, %

ÇBS: Çıkan bitki sayısı

EBS: Ekilen bitki sayısı

$$OÇS = \frac{(n1 \times d1) + (n2 \times d2) + \dots + (nn \times dn)}{n1 + n2 + \dots + nn} \times 100$$

OÇS: Ortalama çimlenme süresi, gün

n: İki sayım arasındaki çıkış yapan filiz sayısı

d: Ekimden sonraki gün sayısı

3.2.8. Silajlık mısırdaki gelişme ve verim

Bitkilerin gelişme ve verim özellikleri ile ilgili işlemler Aslangiray *et al.* (1991), Gül ve Başbağ (1999)'da belirtilen yöntemlerle yapılmıştır.

Hasatta (Şekil 3.11) her parselin orta sıralarından rastgele 10 bitki alınarak boyları ve gövde çapları ölçülüp, koçanları sayılmış, ayrı ayrı yaprak, koçan ve sap ağırlıkları ile toplam ağırlıkları belirlenmiştir. Toplam ağırlıktan silajlık verim, yaprak, koçan, sap ağırlıklarının toplam ağırlığa oranlanmasıyla da yaprak, sap ve koçan oranları belirlenmiştir. Ölçümlerde ilk boğum uzunluğu ve ilk koçan yükseklikleri de kayıt altına alınmıştır.



Şekil 3.12. Silajlık mısırın hasat görüntüleri

Ayrıca hasattan sonra parsellerden alınan bitki örnekleri önce açık havada daha sonra 65°C'ye ayarlı kurutma fırınında 48 saat kurutularak belirlenen kuru ağırlıklar yaş ağırlıklarına oranlanarak kuru madde oranları da belirlenmiş, yaş verimler bu oransal değerle çarpılarak kuru madde verimleri hesaplanmıştır.

3.2.9. İstatistiksel analizler

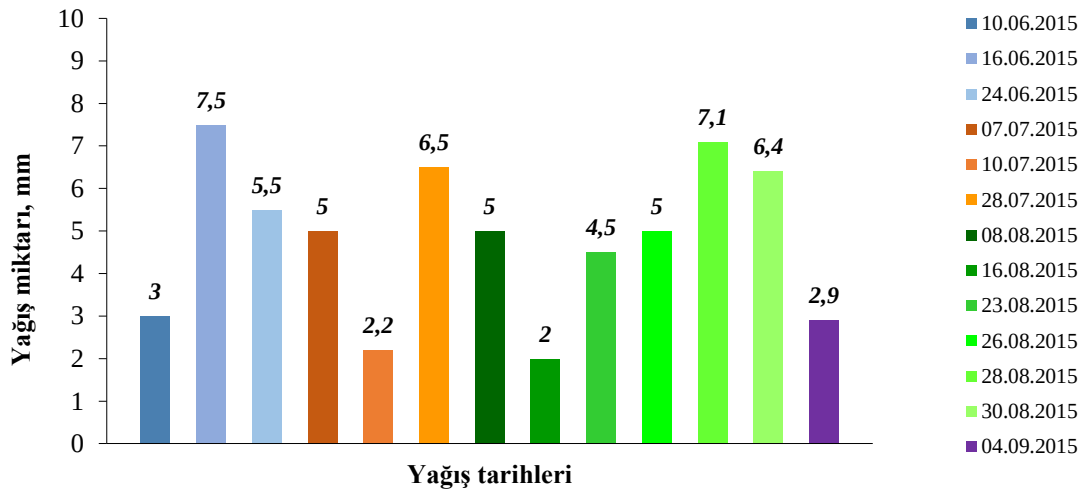
Araştırmada elde edilen veriler varyans analizi (ANOVA) ile değerlendirilmiş, uygulamalar arasındaki farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile %5 önem düzeyi esas alınarak belirlenmiştir (Yıldız ve Bircan, 1991). Ayrıca regresyon modeli yaklaşımıyla infiltrasyon eşitlikleri çıkarılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

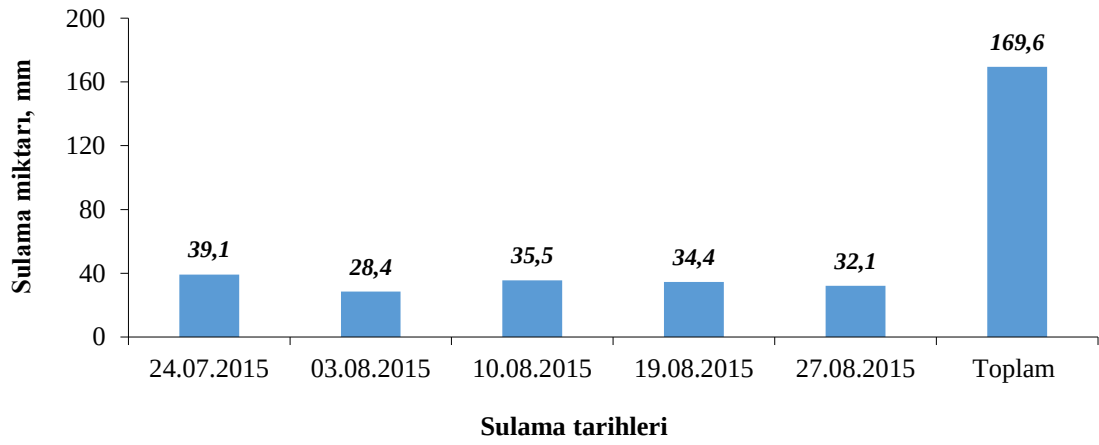
4.1. Yağış, Sulama Miktarı ve Bitki Su Tüketimi

4.1.1. Yağış ve sulama miktarı

Deneme yılında ekim tarihinden 8 gün sonra başlayan yağışlar (10 Haziran), hasat tarihinden 13 gün (4 Eylül) öncesine kadar devam etmiştir (Şekil 4.1). 13 farklı günde toplam 62,6 mm yağış düşmüştür (Çizelge 3.1 ve Şekil 4.1). Sulamalar 24 Temmuzda başlatılmış, koçan püskülünün tamamen kuruyup danenin hamur olum dönemine geçişine kadar sürdürülmüş (27 Ağustos), bu dönemde 5 sulamada toplam 169,6 mm sulama suyu uygulanmıştır (Şekil 4.2).



Şekil 4.1. Silajlık mısırın yetiştirme periyodunda gerçekleşen yağışlar

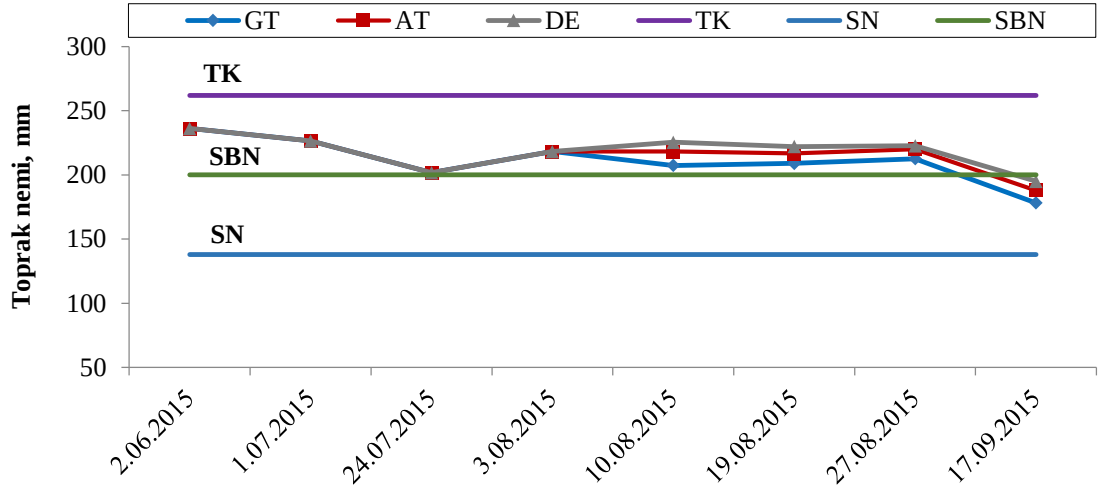


Şekil 4.2. Silajlık mısırın yetiştirme periyodunda uygulanan sulama miktarları

4.1.2. Toprak nem değişimi

Farklı toprak işleme–ekim yöntemlerine ait parsellerde 90 cm toprak derinliğindeki sezon başı, sonu ve her ayın sonu ile sulama öncesi gravimetrik yolla belirlenmiş toprak nem içeriklerinin yetiştirme periyodu boyunca değişimleri Şekil 4.3’de verilmiştir

Sezon başında sulamaya başlama seviyesinin (yarayışlı suyun %50’si) üzerinde olan mevcut toprak nemleri sezon boyunca bu seviyenin altına inmemiş, hasada yakın sulamanın kesilmesi ve yağışında yetersizliğine bağlı olarak kısmi azalış eğilimi göstermiştir. İkinci sulamadan sonra toprak işleme–ekim yöntemleri arasında nem içeriklerinde farklılıklar ortaya çıkmış, farklılıklar hasada kadar sürmüştür, doğrudan ekim yöntemi en fazla, geleneksel yöntem en az nemi sağlamıştır. Sezon sonu nemi dikkate alındığında DE ve AT yöntemleri GT’ye göre sırasıyla 1,4 mm ve 0,8 mm daha fazla toprak nemi sağlamıştır. Koruyucu toprak işleme yöntemlerinin nemi koruyarak toprakta daha fazla su kalmasına neden olduğu önceki birçok çalışmada da belirlenmiştir (Gözübüyük *et al.* 2015; Gözübüyük *et al.* 2014).



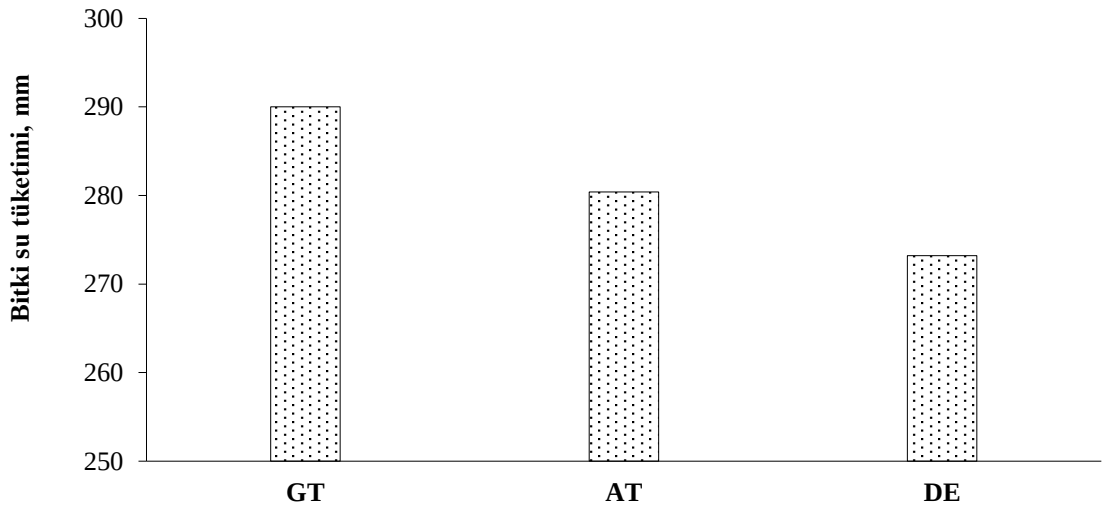
Şekil 4.3.Toprak işleme–ekim yöntemlerinde yetiştirme periyodunda toprak nem değişimleri

GT: Geleneksel toprak işleme, AT: Azaltılmış toprak işleme, DE: doğrudan ekim, TK:Tarla kapasitesi, SN: Solma noktası, SBN: Sulamaya başlama nemi

4.1.3. Bitki su tüketimi

Silajlık mısır bitkisinin su bütçesi yöntemine göre hesaplanmış sezonluk su tüketim değerleri Şekil 4.4. verilmiştir. En düşük su tüketiminin belirlendiği DE yöntemi (273,2 mm), GT (290 mm) ve AT (280,4 mm) yöntemlerine göre sırasıyla %5,8 ve %2,6 daha az su tüketimi sağlamıştır. Geçmişteki çalışmalarda silajlık mısırın su tüketimi yetiştirildiği bölge ve toprak koşulları ile sulama stratejileri, yöntemleri ve toprak işleme uygulamalarına bağlı olarak oldukça geniş sınırlar içinde değiştiği görülmektedir. Kızıloğlu *et al.* (2009), Erzurum’da tam sulanan konuda 688,4 mm sulanmayan konuda ise 197,8 mm; Dağdelen vd (2009), Aydın ilinde silaj mısır için tam sulanan konuda 695 mm sulanmayan konuda ise 92,3 mm; Gençdoğan ve Yazar (1999), Çukurova bölgesinde mısır için tam sulanan konuda 1 026 mm sulanmayan konuda ise 410 mm; Arıtürk ve Erdem (2011), Tekirdağ koşullarında İkinci ürün silajlık mısırın (*Zea Mays L.*) sulama zaman ve su–verim–kalite ilişkilerinin belirlenmesi amacıyla yürüttükleri bir araştırmada, mevsimlik bitki su tüketimi değerlerinin karık sulama yönteminde 506 mm, damla sulama yönteminde 429 mm; Karasu ve ark (2015); Marmara bölgesinde yürüttükleri bir çalışmada; damla sulama yöntemi kullanarak sulama yaptıkları silajlık mısırın sezonluk su tüketimi 826 mm, sulama suyu kullanım

etkinliğini de $1,32 \text{ kg/m}^3$; olarak belirlemişlerdir. Bu çalışmada su tüketimlerinin genel olarak düşük belirlenmiş olması damla sulama koşullarında 1'den düşük sulama oranıyla sulamaların gerçekleştirilmiş olmasıyla açıklanabilir. Yine doğrudan ekim yönteminin toprakta nem depolanmasını artırarak ve buharlaşma kayıplarını da azaltarak daha az su tüketimine sebep olduğu ifade edilebilir. Gozubuyuk *et al.* (2015) anıza doğrudan ekimde toprak yüzeyindeki bitki artıklarının buharlaşmayı azalttığı aynı zamanda kar ve yağmur suyunu da tutarak toprakta daha fazla nem birikimini sağladığını belirlemişlerdir.



Şekil 4.4. Toprak işleme–ekim yöntemlerinde silajlık mısırın mevsimlik su tüketimi değerleri

GT: Geleneksel toprak işleme, AT: Azaltılmış toprak işleme, DE: doğrudan ekim.

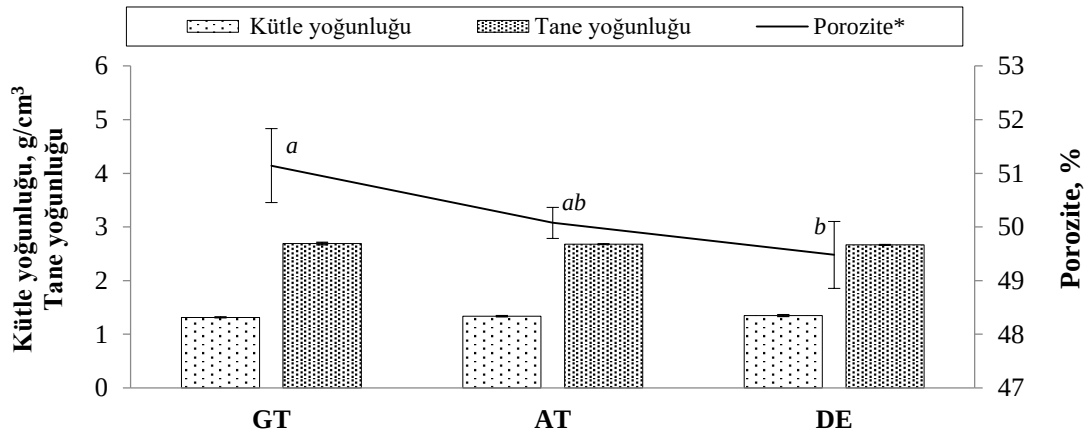
4.2. Toprak Fiziksel ve Hidrolik Özellikleri

4.2.1. Kütle, tane yoğunluğu ve porozite

Hasat sonrası parsellerin yüzey tabakasından (0–30 cm) alınan bozulmuş ve bozulmamış toprak örneklerinde belirlenen; kütle yoğunluğu, tane yoğunluğu ve toplam porozite değerleri Şekil 4.5’de varyans analizi sonuçlarında **EK 1**’de verilmiştir. Farklı toprak işleme–ekim yöntemlerinin kütle ve tane yoğunluğuna etkisinin olmadığı,

poroziteyi ise önemli düzeyde ($P < 0,05$) değiştirdiği belirlenmiştir. Moraes and Benez (1996) doğrudan ekim yönteminin makro porozite ve toplam poroziteyi arttırıp, mikro poroziteyi azalttığını ve alt topraktaki penetrasyon direncinin toprak işleme sistemlerinden önemli şekilde etkilendiğini belirlemişlerdir. En düşük ktle yoğunluğu ($1,32 \text{ g/cm}^3$) ve en yüksek tane yoğunluğu ($2,69$) değerleri toprağın dört tarım makinasının kullanılarak toprağın derin ($25\text{--}30 \text{ cm}$) işlendiği geleneksel uygulamadan elde edilmiştir. Toprağın en az işlendiği ($4\text{--}5 \text{ cm}$) ve tek bir makinanın kullanıldığı doğrudan ekim uygulamasında ise en yüksek ktle yoğunluğu ($1,35 \text{ g/cm}^3$) ve en düşük tane yoğunluğu ($2,66$) değerleri elde edilmiştir. Doğrudan ekimde toprak işlemenin olmayışının ktle yoğunluğunu arttırdığı kısmen artan organik maddenin de tane yoğunluğunu düşürdüğü bilinmektedir (şeker ve Işıldar 2000). McVay *et al.* (2006), 5 farklı bölgede ve siltli tın topraklarda 23 yıl boyunca sürdürdükleri araştırmalarında ktle yoğunluğunun, anıza doğrudan ekim yöntemi için $1,25\text{--}1,40 \text{ g/cm}^3$, geleneksel toprak işleme için $1,11\text{--}1,22 \text{ g/cm}^3$ ve azaltılmış toprak işleme için $1,20\text{--}1,33 \text{ g/cm}^3$ arasında değişim gösterdiğini belirtmişlerdir. Zhang and Fang (2007) yaptıkları bir çalışmada toprak işleme derinliğindeki artışın toprağın ktle yoğunluğunu önemli derecede düşürdüğünü bildirmişlerdir. Tane yoğunluğunun değişmediği koşullarda ktle yoğunluğu ile negatif yönde paralellik gösteren ve iyi bir bitki yetiştiriciliği için yüksek olması arzu edilen porozite değerlerinde ise geleneksel yöntem %51,1'lik bir oranla birinci gruba, AT yöntemi ise hem GT ile benzer (%50,1) ve hemde %49,4 poroziteye sahip doğrudan ekim yöntemi ile benzerlik göstererek ikinci gruba girmiştir. Bu sonuçlar, tarla trafiği ve işlenen toprak profil derinliğine bağlı olarak toprağın ktle yoğunluğunun arttığı koruyucu toprak işleme yöntemlerinde porozitenin azaldığını ortaya koymuş olsada toprak işleme–ekimden yaklaşık 110 gün sonra (hasattan sonra) belirlenen bu değerlerin, verimi doğrudan kısıtlayıcı etkisinin olmadığı şekil 4.17'de ki silajlık verim sonuçlarından anlaşılmaktadır. Farklı toprak işleme–ekim uygulamalarının toprağın ktle yoğunluğu üzerine etkilerine yönelik pek çok çalışma yapılmış ve yapılan bu çalışmalarda farklı sonuçlar elde edilmiştir. Yapılan bazı çalışmalarda doğrudan ekimin aşırı toprak sıkışmasına neden olduğu (Tebrgge and Dring 1999; Oliver *et al.* 2002; Fabrizzi *et al.* 2005), bazılarında ise olmadığı bildirilmiştir (Logsdon and Karlen, 2004; Filipovic *et al.* 2006). Pulluğun kullanıldığı geleneksel (Tebrgge and Dring, 1999) veya azaltılmış toprak işleme uygulamalarına

(McVay *et al.* 2006) göre doğrudan ekim uygulamasının üst toprak katmanlarında toprak sıkışmasını artırabileceği (Rasmussen 1999) ortaya konulmuştur. Fabrizzi *et al.* (2005) ve Gözübüyük vd (2017) ise toprak sıkışmasının genelde olduğunu, doğrudan ekim uygulamasındaki toprak sıkışmasının bitkiler üzerinde her zaman zararlı bir etkisinin olmadığını belirtmişlerdir. Singh *et al.* (1992) sınır değer olarak $1,3 \text{ g/cm}^3$ 'e eşit veya daha düşük kütle yoğunluğuna sahip herhangi bir toprağın bitki gelişimini sınırlamadığını ifade etmiştir.

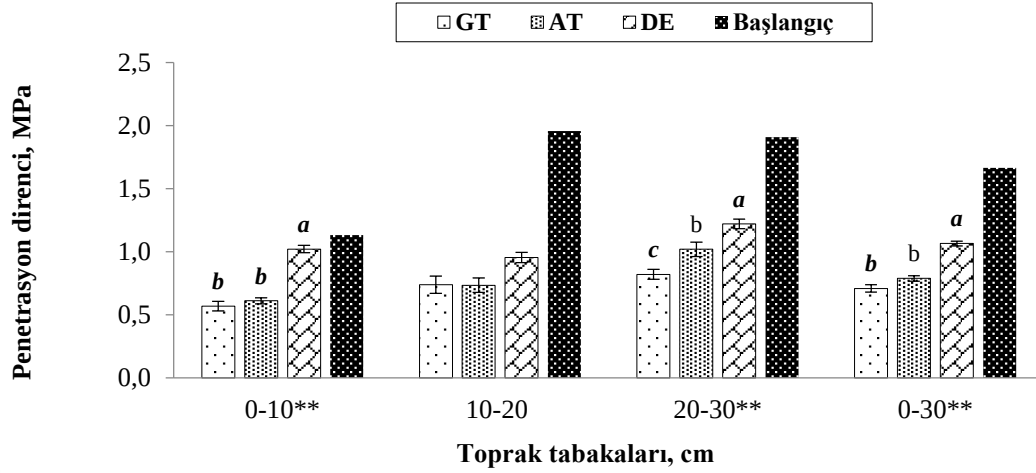


Şekil 4.5. Toprak işleme–ekim yöntemlerinde hasat sonrası kütle yoğunluğu, tane yoğunluğu ve toplam porozite değerleri

GT: Geleneksel toprak işleme, AT: Azaltılmış toprak işleme, DE: doğrudan ekim. *: $P < 0,05$

4.2.2. Toprak penetrasyon direnci

Toprağın penetrasyon direnci, toprak sıkışma gücüne, toprak tipine, su içeriğine, arazi kullanım durumuna ve yetiştirilen ürünün çeşidine bağlı olarak bitki kök gelişimini ve dolayısıyla da verimi yakından ilgilendiren bir parametredir (Sillon *et al.* 2003; Tarawally *et al.* 2004). Bu nedenle bitki kök gelişimi için düşük olması arzu edilen ve toprağın tarım alet ve makinalarına düşey yönde gösterdiği direnç olan penetrasyon direncinin belirlenmesi için, toprak işlemeden önce ve sonra her parselde 30 cm'ye kadar; 10'ar cm aralıklarla 3 tekrarlı ölçümler yapılmıştır. Toprak işlemeden önceki başlangıç penetrasyon direnci değerleri ile toprak işleme–ekim sonrası değerleri Şekil 4.6'da varyans analizi sonuçları da **EK 2**'de verilmiştir.



Şekil 4.6. Toprak işleme–ekim yöntemlerinde farklı toprak derinliklerinde penetrasyon direnci değerleri

GT: Geleneksel toprak işleme, AT: Azaltılmış toprak işleme, DE: doğrudan ekim. *: $P < 0,05$

Yapılan ölçümlerde hasat sonrası değerler 0,50 MPa ile 1,25 MPa aralığında değişim göstermiştir. Varyans analiz sonuçlarına göre toprak işleme–ekim yöntemleri arasında istatistiksel olarak 10–20 cm tabakasında fark bulunamamış, diğer tabakalarda $P < 0,01$ düzeyinde önemli farklılıklar belirlenmiştir. Dolayısıyla toprağın işlenmesine ve işleme derinliğine bağlı olarak penetrasyon direnci değerleri azalmaktadır. Buna göre 0–30 cm toprak tabakasında penetrasyon direnci değerleri, toprağın 25–30 cm derinliğinde işlendiği GT yönteminde ortalama 0,709 MPa olurken, toprağın 12–15 cm işlendiği AT yönteminde bu değer %11,1 artarak 0,788 MPa’ya çıkmıştır. Toprağa herhangi bir işleme müdahalesinin olmadığı, tohumları 4–5 cm derinliğindeki çiziye bırakan anıza doğrudan ekim yönteminde ise penetrasyon direnci değerleri %50 artarak 1,065 MPa seviyesine ulaşmıştır. Yine tüm toprak işleme–ekim yöntemlerinde hasat sonrası değerlerin başlangıç değerlerinin GT, AT ve DE uygulamalarında sırasıyla %57,4, %52,7 ve %36,1 altında olduğu görülmüştür. Genel olarak yağışa dayalı olarak tarım yapılan topraklar sıkışmaya karşı daha yüksek bir direnç gösterirler, çünkü katı kütle içerisindeki parçacıklar arasındaki bağlar kuvvetlidir ve deformasyona karşı direnç gösterirler (Gözübüyük vd 2014). Toprak su içeriği arttıkça su filmleri nedeniyle parçacıklar arasındaki bağlar zayıflar, şişme meydana gelir, dâhili sürtünme azalır ve böylece toprak daha kolay sıkıştırılabilir bir özellik alır (Özdemir 1998). Bu nedenle üretim periyodu süresince 5 kez sulanan parsellerde nem oranındaki artışa bağlı olarak

toprak taneleri arasındaki su filmleri sayesinde bu taneler daha kolay hareket edebilmekte ve uygulanan kuvvete karşılık daha düşük bir direnç gösterebilmektedir.

Elde edilen penetrasyon direnç değerlerinin kök gelişimini engelleyici sınır olarak kabul edilen 3 MPa sınır değerinin altında olduğu belirlenmiştir (Busscher and Sojka 1987; Hakansson and Lipiec 2000). Farklı toprak işleme çalışmalarında özellikle sıfır ya da minimum toprak işlemenin olduğu yöntemlerde toprak işleme derinliği azaldıkça buna bağlı olarak penetrasyon değerlerinde artış beklenen bir durumdur. Toprağın penetrasyon direnci ile toprak işleme derinliği arasında negatif yönde doğrusal bir ilişki olduğu geçmişteki birçok çalışmada belirlenmiştir (Altuntaş ve Dede 2007; Çakır vd 2006).

4.2.3. Toprak parçacık boyut dağılımı

Uygulanan yöntemlerin toprağı parçalama etkilerini ortaya koymak amacıyla 7 ayrı çap grubunda eleme yapılmış, elde edilen 8 farklı parçacık boyutuna ve optimum parçacık büyüklük dağılımı olan 1–8 mm’lik çap grubuna varyans analizi uygulanmıştır (**EK 3**). Analiz sonuçlarına göre, <1 mm çap grubunda toprak işlem–ekim uygulamalarının toprak parçacık dağılımına etkisi %1 düzeyinde önemli, 2–4 mm ve 32–63 mm çap gruplarında ise %5 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Diğer çap gruplarında istatistiki olarak uygulamaların toprağın parçacık dağılımına etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Her üç toprak işleme–ekim yönteminde en yüksek parçacık dağılım oranına sahip olan 1 mm’den küçük parçacıklar arasında toprağın dönerek işlendiği dik rotavatör kullanıldığı AT yöntemi yaklaşık %29’luk bir oranla 1. gruba girmiş, bunu sırasıyla yaklaşık % 23 ve % 20 ile benzer etkiye sahip DE ve GT yöntemleri takip etmiştir (Çizelge 4.1). Benzer sonuç 2–4 mm çapında da görülmüştür. 32–63 mm boyutta ise yaklaşık 30 cm derinliğinde işlenen ve 4 kez tarla trafiğine maruz kalan geleneksel yöntemde en yüksek oranda parçacık boyut dağılımı elde edilmiş olup, azaltılmış yöntemler bunu takip etmiştir (Çizelge 4.1). Zou *et al.* (2002) toprak işlemenin tarım toprakları parçacık dağılımına önemli etkisi olduğunu, ayrıca Wang *et*

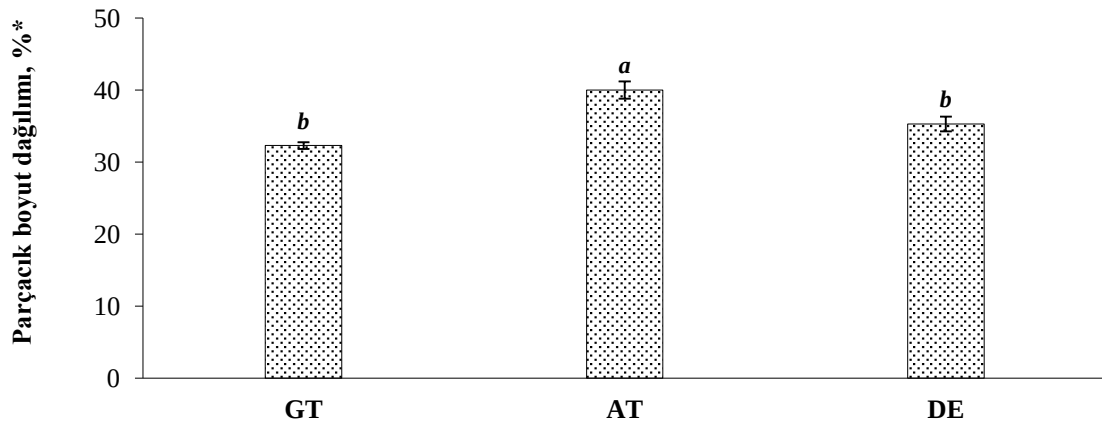
al. (2006) toprak parçacık dağılımı ile toprak işleme arasında dikkate değer farklılık olduğunu bulmuşlardır.

Çizelge 4.1. Farklı toprak işleme–ekim yöntemlerinde toprak parçacık boyut dağılımı (%) değerleri

Elek çapları (mm)	GT	AT	DE
< 1**	19,89 ± 0,54 b	29,13 ± 0,74 a	22,97 ± 0,97 b
1 – 2	11,46 ± 0,27	12,87 ± 0,283	12,11 ± 0,90
2 – 4*	11,02 ± 0,64 b	15,87 ± 1,15 a	12,25 ± 0,53 b
4 – 8	9,84 ± 0,73	11,27 ± 0,32	10,94 ± 0,20
8 – 16	16,02 ± 2,52	14,21 ± 0,99	18,56 ± 3,47
16 – 32	11,32 ± 1,53	11,52 ± 0,52	13,01 ± 1,84
32 – 63*	8,18 ± 0,64 a	5,13 ± 0,41 b	5,63 ± 0,38 b
> 63	12,27 ± 3,38	0,00 ± 0,00	4,53 ± 2,27

GT: Geleneksel toprak işleme, AT: Azaltılmış toprak işleme, DE: doğrudan ekim. **:P<0,01; *:P<0,05

Optimum tohum yatağı için önemli olan 1 ile 8 mm elek çapındaki parçacıkların toplamlarına yapılan varyans analizinde, uygulamaların etkisi %5 düzeyinde önemli bulunmuş (**EK 3**) ve %40 ile azaltılmış uygulama en iyi sonuçla birinci gruba, DE ve GT ise benzer etkiyle ikinci gruba dâhil olmuşlardır (Şekil 4.7). Bu durum kuyruk milinden hareketli, düşey yönde toprağı en iyi parçalayarak optimum tohum yatağı hazırlayan ve nem kaybına yol açmayan dik rotavatörde kaynaklanmıştır (Gözübüyük vd 2017).



Şekil 4.7. Toprak işleme ve ekim yöntemlerinde optimum toprak parçacık boyut dağılımı (1–8mm) değerleri

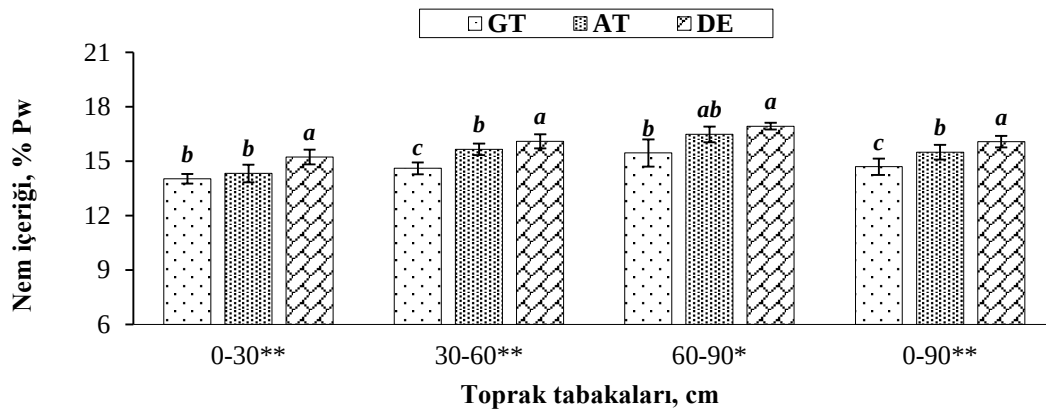
GT: Geleneksel toprak işleme, AT: Azaltılmış toprak işleme, DE: doğrudan ekim

*: P<0,05

4.2.4. Toprak nem birikimleri

Uygulamaların toprağın nem birikimine etkilerini belirlemek amacıyla, hasattan sonra 0–30, 30–60 ve 0–90 cm toprak tabakalarında gravimetrik yöntemle belirlenen toprak nem içerikleri Şekil 4.8’de, varyans analizi sonuçları da **EK 4**’de verilmiştir.

Toprak işleme–ekim yöntemlerinin, 60–90 cm’lik tabakasında toprak nem içeriğine etkisinin %5 düzeyinde, 0–30, 30–60 ve 0–90cm tabakalarında ise %1 düzeyinde önemli etkisi olduğu belirlenmiştir (**EK 4**). Toprak derinliği arttıkça tüm yöntemlerde nem içeriği artmıştır. DE yöntemi tüm tabakalarda en yüksek nem birikimini sağlamıştır. En düşük değer GT uygulamasında gözlenmiştir. Toprakta aktivitenin en yüksek olduğu 0–30 cm tabakasında, DE yöntemi GT yöntemine göre %8,5 oranında daha fazla nem birikimine neden olmuştur ve istatistiki olarak birinci grupta yer almıştır. GT ve AT uygulamaları benzer etkiyle ikinci gruba dâhil olmuştur. DE yönteminin toprak nem birikimine pozitif etkilerinin alt üst olmayan toprakta ki bitki örtüsüne bağlı daha düşük toprak sıcaklığının buharlaşmayı azaltması ve ayrıca düşen yağışın daha etkili tutulmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir (Gözübüyük *et al* 2015). Gözübüyük vd 2014 ve Çapar ve Uçan, 2015’de kışlık buğday bitkisinde 0–30, 30–60 ve 60–90 cm derinliklerinde koruyucu toprak işleme–ekim yöntemlerinin geleneksel uygulamaya göre toprakta daha fazla nem biriktirdiği özellikle birikimin 0–30 cm’lik yüzey tabakasında daha belirgin olduğunu ifade etmişlerdir.

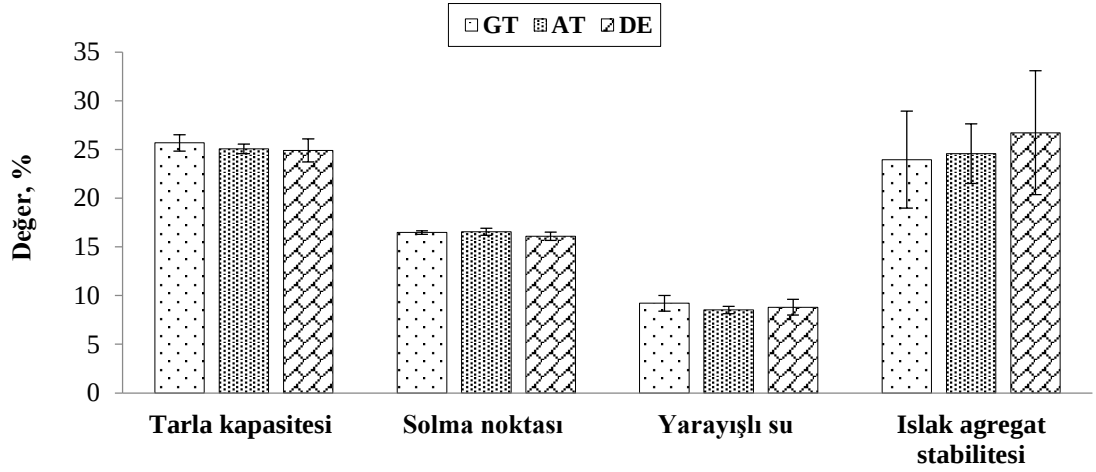


Şekil 4.8. Toprak işleme–ekim yöntemlerinde hasat dönemi toprak nem içerikleri

GT: Geleneksel toprak işleme, AT: Azaltılmış toprak işleme, DE: doğrudan ekim. **: P<0,01; *: P<0,05

4.2.5. Tarla kapasitesi, solma noktası, yarayışlı su ve ıslak agregat stabilitesi

Tarla kapasitesi ve solma noktasında tutulan nem miktarı ile yarayışlı su ve ıslak agregat stabilitesi değerleri Şekil 4.9'da varyans analizi sonuçları da **EK 5**'de verilmiştir. Analiz sonucunda farklı toprak işleme–ekim yöntemlerinin bu parametreler üzerinde etkisinin olmadığı, ortalama tarla kapasitesinin %25,2, solma noktasının %16,4, yarayışlı su miktarının %8,8 ve ıslak eleme yöntemiyle belirlenen agregat stabilite değerlerinin %25,8 civarında olduğu belirlenmiştir. Çizelge 3.3'de ki başlangıç değerleriyle karşılaştırıldığında TK ve SN değerlerinin arttığı, ancak yararlı suyun azaldığı görülmektedir. Yarayışlı sudaki azalışın özellikle SN'de çok fazla artış olmasından kaynaklı olduğu görülmüştür. Bu durumun hasat sonrasında toprağa karışmış bitki artıklarının fazlalığından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Ancak hidrolik açıdan kalıcı etkilerin görülmesinin uzun yıllar alabileceği bilinmektedir. McVay *et al.* (2006) tarafından da 5 farklı bölgede 23 yıl boyunca sürdürülen çalışmada önemli değişimlerin gözlenmesinin uzun yıllar gerektirdiği ifade edilmiştir. Bayer vd (2001), toprak işleme yoğunluğundaki artışın toprak organik maddesinin hızlı bir şekilde kaybolmasına, düşük biyolojik aktiviteye ve agregat stabilitesinde azalmaya neden olduğunu belirtmişlerdir. Lal *et al.* (1994) azaltılmış toprak işleme uygulamaları, geleneksel toprak işlemeye göre toprak agregasyonunu daha iyi geliştirdiğini belirtmişlerdir. Roldan *et al.* (2005)'da 0–5 cm derinlikte anıza doğrudan ekim yönteminin uygulandığı topraklardaki agregat stabilitesinin, toprak işlemenin yapıldığı parsellere göre daha fazla olduğunu ifade etmişlerdir.

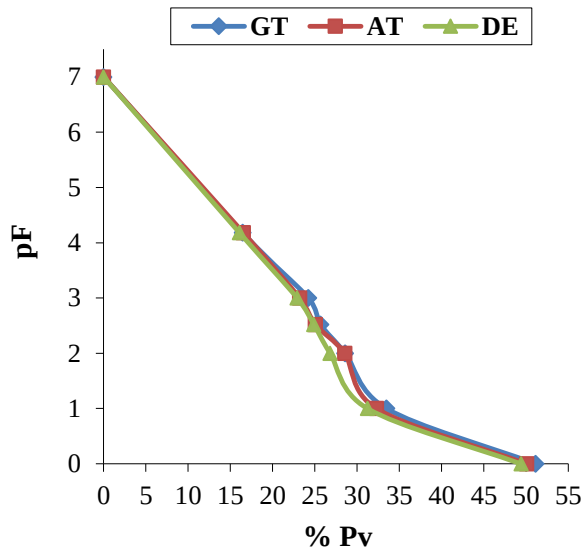


Şekil 4.9. Toprak işleme–ekim yöntemlerinde tarla kapasitesi ve solma noktasında tutulan nem miktarları (Pw) ile yarayırlı su (Pw) ve ıslak agregat stabilitesi değerleri

GT: Geleneksel toprak işleme, AT: Azaltılmış toprak işleme, DE: doğrudan ekim

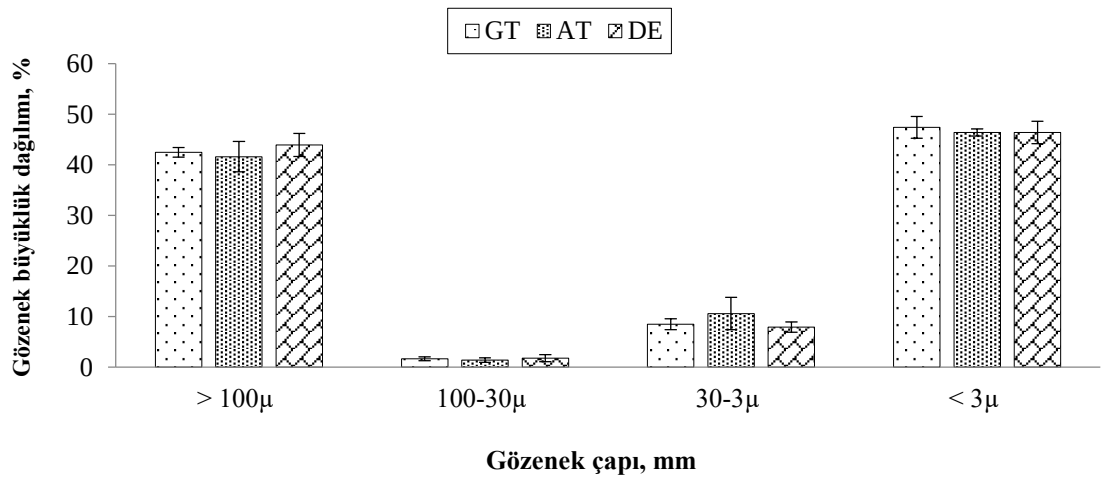
4.2.6. Toprak nem–tansiyon ilişkisi (pF) ve gözenek büyüklük dağılımı

Farklı toprak işleme–ekim yöntemlerinin uygulandığı parsellerden alınan bozulmuş ve bozulmamış toprak örneklerinin farklı tansiyonlarda tutukları nem değerlerinden elde edilen pF eğrileri Şekil 4.10 ve **EK 12**'de verilmiştir. Ortalama pF eğrilerinin (Şekil 4.10) tüm toprak işleme – ekim yöntemlerinde birbirlerine benzer değişimler gösterdiği görülmektedir.



Şekil 4.10. Toprak işleme–ekim yöntemlerinde toprak pF eğrileri. GT: Geleneksel toprak işleme, AT: Azaltılmış toprak işleme, DE: doğrudan ekim. **:P<0,01; *:P<0,05

pF eğrileri kullanarak belirlenen gözenek büyüklük dağılımları Şekil 4.11’de varyans analizi sonuçlarıda **EK 6**’da verilmiştir. Toprak işleme–ekim yöntemlerinin makropor, mezopor, mikropor ve ultramikroporlar üzerine etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Toplam porozitenin yöntemlerin ortalaması dikkate alındığında ortalama %42,7’sini makroporlar ($>100\mu$), % 1,6’sını mezoporlar ($100-30\mu$), % 9’unu mikroporlar ($30-3\mu$) ve % 46,7’sini ultramikroporlar ($<3\mu$) oluşturmaktadır. Ayrıca toplam gözenekliliği oluşturan ana unsurların makroporlar ve ultramikroporlar olduğu görülmektedir (Şekil 4.11). Özellikle DE yönteminde toplam porozite azalmasına rağmen makroporların artması ve ultramikroporların azalması bu yöntemde uzun peryotta bir değişim olasılığını göstermektedir. Barut vd (2010), geleneksel toprak işleme yöntemi azaltılmış toprak işlemeye göre toprak gözeneklilik değerlerini artırdığını; Şeker ve Işıldar (2000), toprak işlemede tarla trafiğinin artmasının toplam gözeneklilik ve drenaj gözeneklerinde azalmalara neden olduğunu bildirmişlerdir.



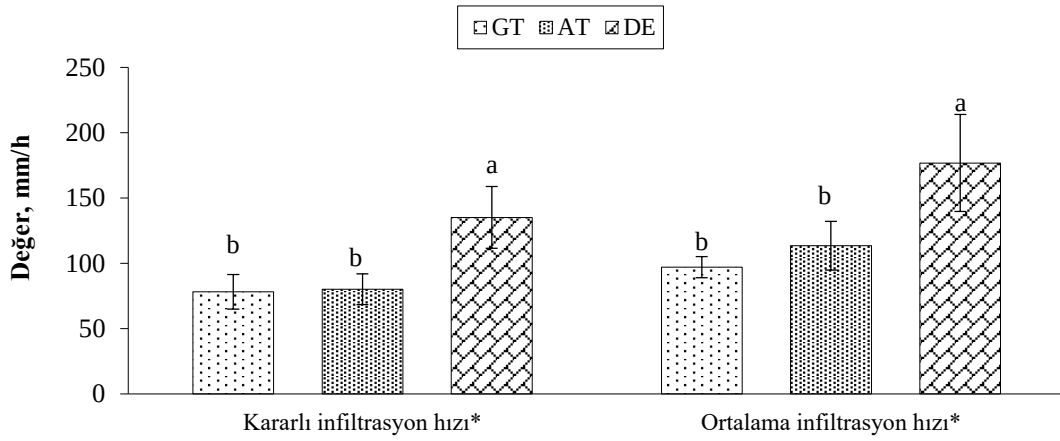
Şekil 4.11. Toprak işleme–ekim yöntemlerinde gözenek büyüklük dağılımı

GT: Geleneksel toprak işleme, AT: Azaltılmış toprak işleme, DE: doğrudan ekim

4.2.7. İnfiltrasyon hızı

Hasattan sonra silajlık mısır deneme parsellerinde çift silindirli infiltrometrelerle yapılan 120 dakikalık ölçüm süresi boyunca farklı toprak işleme–ekim yöntemlerinin kararlı ve ortalama infiltrasyon hızları üzerindeki etkisi belirlenmiştir. İnfiltrasyon ölçüm değerlerinden infiltrasyon hızı ve ortalama infiltrasyon hızı eşitlikleri çıkarılmış,

eşitliklerin belirleme katsayılarının genel olarak yüksek olduğu görülmüştür (**EK 13**, **EK 14**, Şekil 4.13 ve Şekil 4.14) Eşitliklerden kararlı infiltrasyon ve ortalama infiltrasyon hızı değerleri hesaplanarak varyans analizine tabi tutulmuştur (**EK 7**). Farklı toprak işleme–ekim yöntemlerinde bu parametrelere etkisinin %5 düzeyinde önemli olduğu görülmüş ve benzer etkiyle ikinci gruba girmiştir. Her iki parametrede de DE uygulaması en iyi sonuçla 1. gruba, AT ve GT uygulamaları da benzer etkisi ile ikinci grupta yer almıştır (Şekil 4.12).

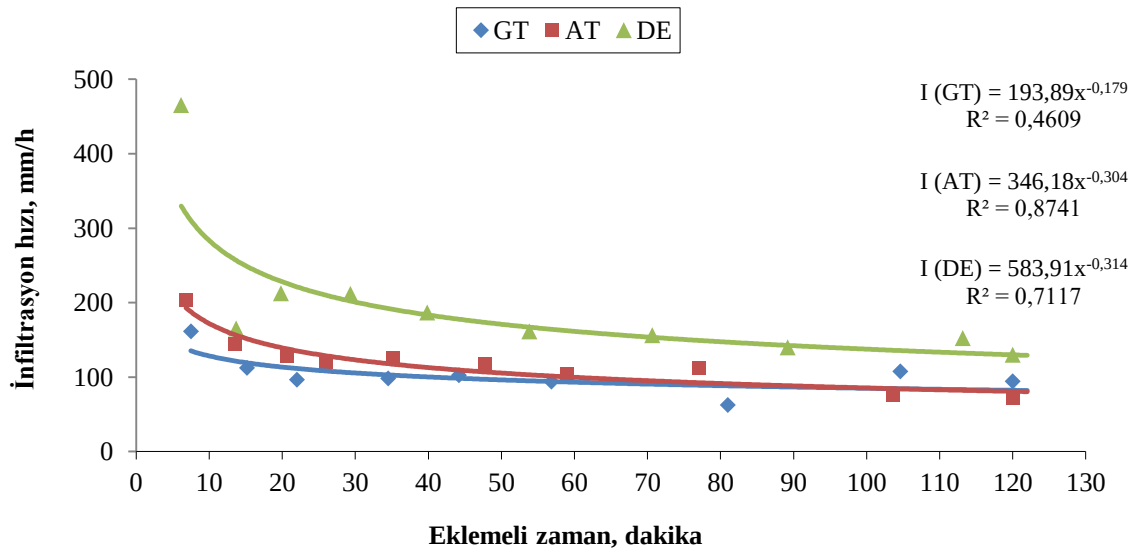


Şekil 4.12. Toprak işleme–ekim yöntemlerinde kararlı ve ortalama infiltrasyon hızları

GT: Geleneksel toprak işleme, AT: Azaltılmış toprak işleme, DE: doğrudan ekim. *:P<0,05

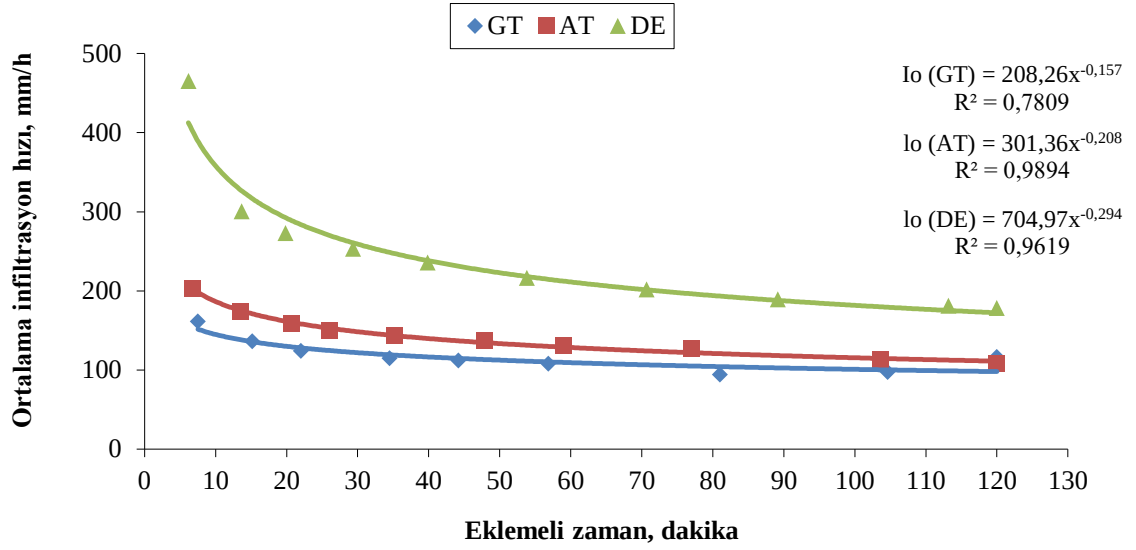
DE yönteminde kararlı infiltrasyon hızı GT yönteminden %42,1, ortalama infiltrasyon hızı da %45,1 daha yüksek bulunmuştur. DE yönteminde infiltrasyon hızında artışın tarla trafiğinin azalmasıyla toprakta sıkışmanın azalması ve makroporlarda artış eğiliminden kaynaklandığı düşünülmektedir. Toprağa suyun infiltre olması toprak yapısı, gözenek büyüklüğü ve kütle yoğunluğu ile doğrudan orantılıdır (Badalíkova 2010). Bu konuda yapılan pek çok çalışmada farklı sonuçlar elde edilmiş, bazılarında doğrudan ekim yöntemlerinin toprağın infiltrasyon hızını düşürdüğü bildirirken (Abu–Hamdeh 2002; Lipiec *et al.* 2006), bazılarında koruyucu toprak işleme uygulamaların toprakta daha fazla yüzey kalıntısı bıraktığı ve üst–alt toprak katmanları arasında makro gözeneklerin bağlantısını sağladığı gerekçeleriyle infiltrasyonu artırabildiği bildirilmiştir (Strudley *et al.* 2008; Subbulakshmi *et al.* 2009). Yine Carter *et al.* (2002)’de hidrolik iletkenliğinin anıza doğrudan ekim yönteminde geleneksel toprak

islemeye göre daha fazla olduğunu, Servadio *et al.* (2005)'de tarla trafiğinin artışına bağlı olarak hidrolik iletkenlikte azalma olduğunu gözlemişlerdir. Benzer şekilde Altıkat ve Çelik (2009)'de toprak işleme yoğunluğunun artışına paralel olarak artan tarla trafiği ve toprak sıkışmasının infiltrasyon hızında azalmaya yol açtığı ifade edilmiştir. Yine Carter *et al.* (2002)'de, toprağın hidrolik iletkenliğinin anıza doğrudan ekim yönteminde geleneksel toprak işlemeye göre daha fazla olduğunu, Servadio *et al.* (2005)'de tarla trafiğinin artışına bağlı olarak toprak hidrolik iletkenliğinde azalma olduğunu gözlemişlerdir. Benzer şekilde, Altıkat ve Çelik (2009)'da, toprak işleme yoğunluğunun artışına paralel olarak tarla trafiği ve toprak sıkışmasını artırdığı ve bunun da infiltrasyon hızında azalmaya yol açtığını ifade etmişlerdir.



Şekil 4.13. Toprak işleme-ekim yöntemlerinde hasat sonrası infiltrasyon hızları

GT: Geleneksel toprak işleme, AT: Azaltılmış toprak işleme, DE: doğrudan ekim *: $P < 0,05$



Şekil 4.14. Toprak işleme–ekim yöntemlerinde hasat sonrası ortalama infiltrasyon hızları

GT: Geleneksel toprak işleme, AT: Azaltılmış toprak işleme, DE: doğrudan ekim *: P<0,05

4.3. Bitki Gelişimi, Verim ve Kalite

4.3.1. Tarla filizi çıkışı, süresi ve derecesi

Silajlık mısır bitkisinde toprak işleme–ekim yöntemlerinin tarla filiz çıkışına, çıkış derecesine ve çimlenme süresine etkilerini belirlemek amacıyla ekimden sonra çıkış yapan bitkiler belirli aralıklarla sayılmış, elde edilen veriler üzerinden varyans analizleri (EK 8) ve ortalama karşılaştırmaları yapılmış ve bulgular Şekil 4.15’de verilmiştir.

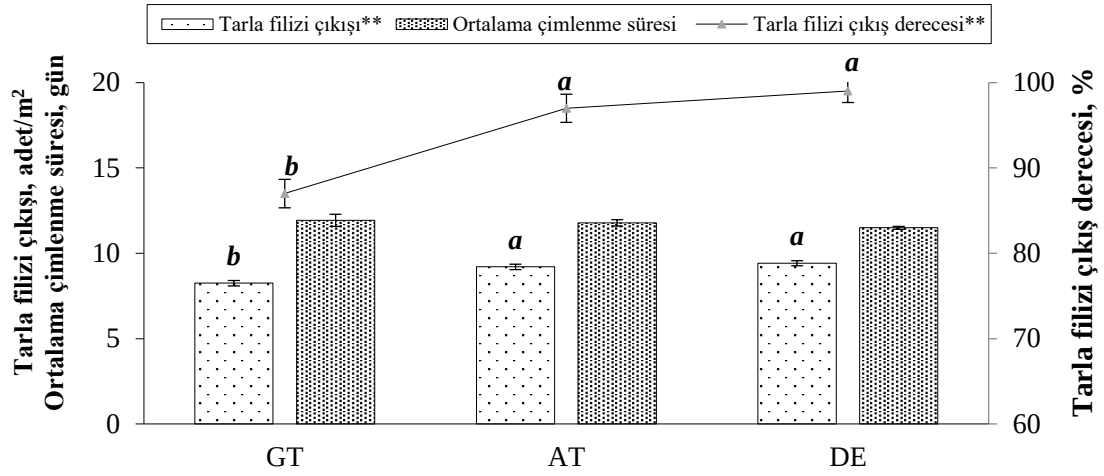
Toprak işleme–ekim yöntemlerinin tarla filizi çıkışı ve tarla filizi çıkışı derecesine etkisinin %1 düzeyinde önemli, ortalama çıkış süresine ise etkisinin olmadığı tespit edilmiştir (**EK 8**). Toprak işleme–ekim yöntemleri arasında, tarla filizi çıkışlarında ve çıkış derecelerinde DE yöntemi AT yöntemi ile birlikte birinci gruba girmiş, GT uygulamasından önemli derecede farklılık göstermiştir (Şekil 4.15). Buna göre doğrudan ekim konusunda birim alandan 9,42 adet filizi çıkışıyla ve % 99 çıkış derecesiyle en yüksek sonuç elde edilmiş, bunu aynı istatistiksel gruba dâhil olan AT ve birim alanda 8,25 adet bitki sayısı ve %87 çıkış derecesiyle GT takip etmiştir. Ortalama çimlenme

süresinde ise GT uygulaması 11,93 günde çimlenmesini tamamlarken, AT uygulaması %1,21, DE uygulaması ise %3,67 oranında daha erken çıkış sağlamıştır. Muhtemelen doğrudan ekim parsellerinde anız gölgesi ve toprağın altüst edilmemesi nedeniyle toprak sıcaklığının düşmesinin buharlaşmayı azaltarak diğer parsellere göre nem birikiminin daha fazla olmasına neden olması bu sonucu ortaya çıkarmıştır. Bu kapsamda yapılan çalışmaların birinde en yüksek çimlenme oranı ve tarla filiz çıkış derecesi değerlerini azaltılmış toprak işleme ve sırta ekim yönteminde elde etmişlerdir. Gözübüyük vd (2001)'de yaptıkları çalışmada kuru ve sulu tarım koşullarında fiğ bitkisinde tarla filizi çıkışlarında anıza doğrudan ekim yönteminin en iyi sonucu verdiğini tespit etmişlerdir.

4.3.2. Vejetatif gelişme

Toprak işleme–ekim yöntemlerinin silajlık mısırdaki vejetatif gelişme parametrelerinden gövde çapı, bitki boyu, ilk boğum uzunluğu, ilk koçan yüksekliği ve sap yaprak ve koçan oranı değerleri Çizelge 4.2’de, varyans analizi sonuçları da **EK 9**’da verilmiştir.

Toprak işleme–ekim yöntemlerinin silajlık mısırdaki bitki boyu, yaprak ve koçan oranına etkisinin %1 düzeyinde önemli, ilk boğum uzunluğu ile ilk koçan yüksekliğine ve sap oranına etkisinin ise %5 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. En fazla bitki boyu, boğum uzunluğu, koçan yüksekliği, yaprak oranı ile en düşük sap ve koçan oranı DE uygulamasında belirlenmiş, bulgular GT ve AT uygulamalarındakilerden önemli derecede farklı bulunmuştur. Koçan oranının yüksek olması ve sap oranının düşük olması daha kaliteli ürün anlamına geldiğinden, DE uygulamasında koçan oranı biraz düşük olmasına rağmen yaprak oranının yüksek ve sap oranının da düşük olması genelde DE lehine bir avantaj oluşturmuştur.



Şekil 4.15. Toprak işleme–ekim yöntemlerinde tarla filizi çıkış değerleri

GT: Geleneksel toprak işleme, AT: Azaltılmış toprak işleme, DE: doğrudan ekim **: P<0,01; *: P<0,05

Çizelge 4.2. Toprak işleme–ekim yöntemlerinde silajlık mısırın vejetatif gelişme değerleri

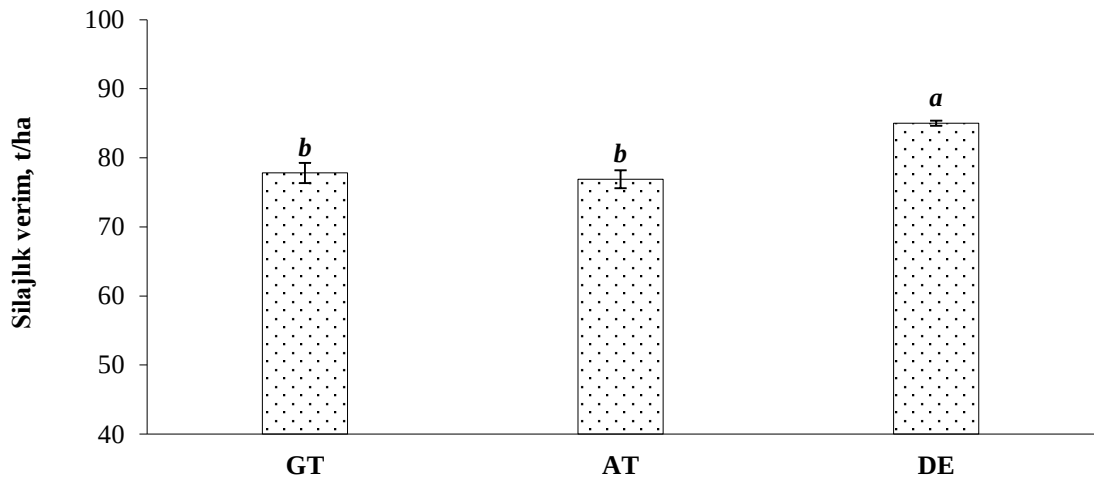
Vejetatif gelişme parametreleri	GT	AT	DE
Gövde çapı, cm	1,95 ± 0,02	2,11 ± 0,01	2,12 ± 0,01
Bitki boyu, cm**	226,76 ± 3,06 b ¹	225,64 ± 2,45 b	240,86 ± 1,46 a
İlk boğum uzunluğu, cm*	7,25 ± 0,62 b ¹	7,87 ± 0,378 b	9,08 ± 0,50 a
İlk koçan yüksekliği, cm*	58,12 ± 6,28 b	57,14 ± 5,43 b	70,28 ± 1,37 a
Sap oranı, % *	39,85 ± 0,20 ab	40,12 ± 0,16 a	39,16 ± 0,11 b
Yaprak oranı, % **	15,68 ± 0,12 b	15,60 ± 0,20 b	17,43 ± 0,22 a
Koçan oranı, % **	44,47 ± 0,19 a	44,28 ± 0,09 a	43,41 ± 0,23 b

GT: Geleneksel toprak işleme, AT: Azaltılmış toprak işleme, DE: doğrudan ekim. **: P<0,01; *: P<0,05

Geçmişte yapılan çalışmalardan birinde, Altuntaş ve Dede (2007) azaltılmış toprak işleme yönteminde geleneksel toprak işleme yöntemine göre daha yüksek bitki boyu, gövde çapı, yeşil ot ve kuru ot verim değerleri elde etmişlerdir. Çakır vd (2006) azaltılmış toprak işleme yöntemlerinin mısırdaki daha yüksek bitki boyu ve verim sağladığını, Altuntaş ve Dede (2007)'de silajlık mısırın bitki boyu, gövde çapı, yeşil ot veriminin azaltılmış toprak işleme yönteminde geleneksel toprak işleme yöntemine göre daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

4.3.3. Silajlık verim

Silajlık verim değerlerinin varyans analizleri **EK 10**'da ve ortalama karşılaştırma sonuçlarıda Şekil 4.16'da verilmiştir. Toprak işleme–ekim yöntemlerinin silajlık mısır verimine etkisinin %1 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Anıza doğrudan ekim uygulaması birim alandan (1 ha) 85 ton verim değeri ile en iyi, bunu %7,2 azalış ile geleneksel toprak işleme yöntemi (77,8 t/ha) ve %8,1 azalış ile azaltılmış toprak işleme yöntemi (76,9 t/ha) takip etmiştir. Doğrudan ekim uygulaması en fazla verim ile birinci grupta yer alarak, AT uygulaması ile en az verim veren GT uygulaması ikinci grubu oluşturmuştur. Bu çalışmada DE yönteminde daha fazla verim alınması bitki gelişimi aşamasının önemli bir kısmında toprak neminin daha yüksek düzeyde kalarak oluşturduğu düşük toprak nem geriliminin bir sonucu olarak değerlendirilmiştir (Şekil 4.3). Yabancı otla mücadele iyi yönetildiği takdirde, uygun bir koruyucu toprak işleme yöntemiyle verim azalışları olmadan veya sınırlı verim düşüşleri ile iyi sonuçların alınacağı geçmişteki birçok çalışmada da ifade edilmiştir (Gözübüyük vd 2001; Kumar *et al.* 2013; Gözübüyük vd 2015).

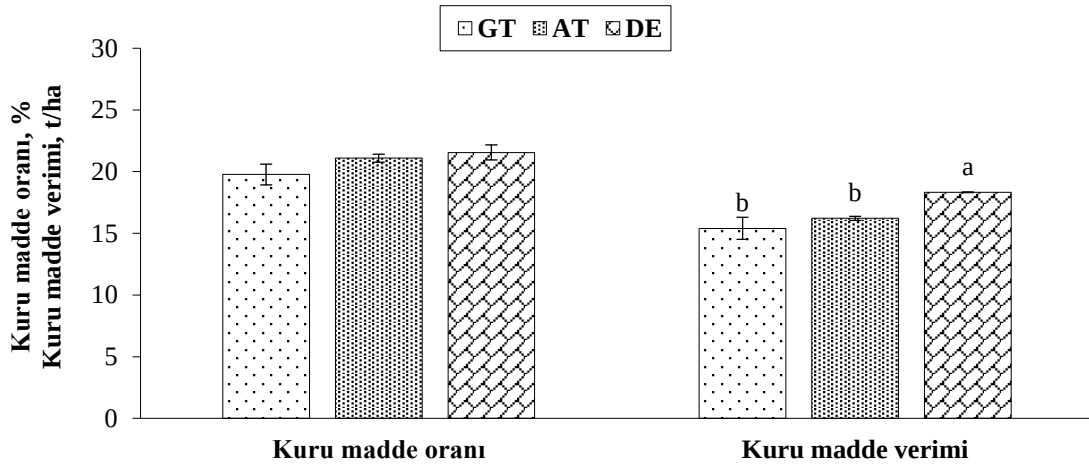


Şekil 4.16. Mısır silajlık verim değerleri

GT: Geleneksel toprak işleme, AT: Azaltılmış toprak işleme, DE: doğrudan ekim. **: P<0,01

4.3.4. Kuru madde oranı ve kuru madde verimi

Farklı toprak işleme–ekim yöntemlerinin silajlık mısırdaki kuru madde oranı ve kuru madde verimine etkilerinin varyans analizi sonuçlarına göre yöntemlerin kuru madde oranına etkisi olmadığı ancak kısmen de olsa DE'nin daha fazla kuru madde oranı sağladığı, kuru madde verimine ise etkisinin %5 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (**EK 10**). DE yöntemi %21,5 kuru madde oranı sağlarken, AT yönteminde %21,1, GT yönteminde ise %19,8 olarak gerçekleşmiştir (Şekil 4.17). Kuru madde verimlerinde ise doğrudan ekim yöntemi (21,5 t/ha) geleneksele göre %19 daha fazla kuru madde verimine neden olmuş ve birinci grupta yer almıştır. AT uygulaması ise GT ile benzer sonuçla aynı grupta yer almış ve %5,3 oranında daha fazla kuru madde verimi sağlamıştır (Şekil 4.17). Kuru madde verimleri su tüketim değerleri ile ters oranda paralellik göstermiştir (Şekil 4.4). Koruyucu toprak işleme yöntemlerinin toprakta verimde ve özellikle kuru madde veriminde artışa sebep olduğu bazı çalışmalarda da belirlenmiştir (Thomas *et al.* 1996; Altuntaş ve Dede 2007).

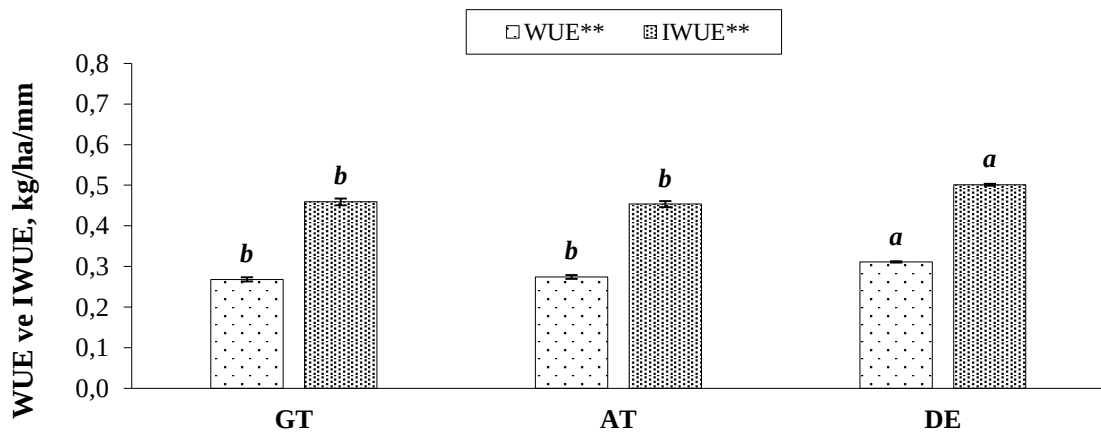


Şekil 4.17. Silajlık mısır kuru madde oranları ve verimleri

GT: Geleneksel toprak işleme, AT: Azaltılmış toprak işleme, DE: doğrudan ekim. *: $P < 0,05$

4.4. Sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) ve su kullanım etkinliği (WUE)

Silajlık veriminin, sulama miktarına oranıyla elde edilen sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) ve sezonluk verimin bitki su tüketimine oranıyla elde edilen su kullanım etkinliği (WUE) değerlerinin varyans analizi sonuçları **EK 11**'de ortalama karşılaştırma sonuçlarıda Şekil 4.18'de verilmiştir. Toprak işleme-ekim yöntemlerinin WUE ve IWUE değerlerine etkisi %1 düzeyinde önemli bulunmuş, her iki parametrede de DE yöntemi birinci gruba, diğer iki uygulama benzer etkiyle ikinci gruba dâhil olmuştur. Doğrudan ekimde uygulanan 1 mm sulama suyuna karşılık 501 kg verim elde edilirken, GT yönteminde 459 kg ve AT yönteminde ise 453 kg alınmıştır. Silajlık mısırın tükettiği birim suya (1 mm) karşılık gelen verim değerlerinde yine doğrudan ekim yönteminde 311 kg, AT yönteminde 274 kg ve GT yönteminde ise 268 kg verim elde edilmiştir. Bu durumda doğrudan ekim yöntemi toprakta mevcut suyu en iyi kullanan yöntemi oluşturmuş ve geleneksel yöntemle göre IWUE değerini %9,3, WUE değerini de %16 oranında artırmıştır. DE yönteminde ET'nin en düşük (Şekil 4.4) ve veriminde en yüksek (Şekil 4.13) olması en yüksek WUE ve IWUE değerlerini ortaya çıkarmıştır. AT ve GT yöntemlerinde de benzer verim (Şekil 4.18) değerleri ET kısmen farklı olmasına rağmen benzer etkiye neden olmuştur. Casa and Lo Cascio (2008)'da çalışmalarında no-till uygulamalarından geleneksel uygulamaya göre mısırdaki daha yüksek sulama suyu etkinliği değeri belirlemişlerdir.



Şekil 4.18. Toprak işleme yöntemlerinde silajlık mısırın sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) ve su kullanım etkinliği (WUE) değerleri

GT: Geleneksel toprak işleme, AT: Azaltılmış toprak işleme, DE: doğrudan ekim. **: P<0,01

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, yüksek rakım koşullarında yarı kurak iklim kuşağında yer alan bir bölgede geleneksel toprak işleme–ekim yöntemine alternatif olabilecek koruyucu toprak işleme–ekim yöntemlerinin silajlık mısır gelişimine, su kullanımına ve verimine etkileri araştırılmıştır. Ayrıca farklı toprak işleme–ekim yöntemlerinin toprak fiziksel ve hidrolik özelliklerine etkileride değerlendirilmiştir.

Vejetasyon peryodunda ölçülen toprak nemi yarıyışlı suyun %50'sine düştüğünde yüzey üstü damla sulama yöntemi ile sulama koşullarında toplam 169.6 mm sulama suyu uygulanmış, GT, AT ve DE yöntemlerinde mevsimlik su tüketimleri sırasıyla 290, 280.4 ve 273,2 mm olarak belirlenmiştir. Silajlık verim GT yönteminde 77,80 t/ha, AT yönteminde 76,91 t/ha ve DE yönteminde 85,0 t/ha, WUE değerleri GT, AT ve DE yöntemlerinde sırasıyla 0,268, 0,274 ve 0,311 t/ha/mm ve IWUE değerleri de sırasıyla 0,459, 0,454 ve 0,501 t/ha/mm olmuştur. Kuru madde verimi de GT yönteminde 15,39 t/ha, AT yönteminde 16,21 t/ha ve DE yönteminde 18,32 t/ha olarak belirlenmiştir. DE yönteminde daha iyi verim sonuçlarının elde edilmesinde iyi bir çimlenme ve çıkışın önemli katkıları olduğu açıktır. Çünkü koruyucu toprak işlemede tarla filiz çıkışı ve tarla filiz çıkış derecesi en fazla belirlenmiştir. Bu durumda vejetatif gelişmede iyileşmiş, sonuçta daha fazla verim değerlerine ulaşılmıştır. Koruyucu toprak işleme uygulamalarında aynı sulama miktarına karşılık toprakta daha fazla bakiye nem sağlanması ve daha az su tüketimi ile daha fazla verime ulaşılması sulama miktarını sınırlandırarak temiz su kaynaklarının korunmasına katkı açısından önemli bulunmuştur.

Toprak işleme–ekim yöntemlerinin kısa süreli bu çalışmada toprak fiziksel ve hidrolik özellikleri üzerinde de kısmi etkileri gözlemlenmiştir. Geleneksel yaklaşımla derin toprak işlemenin daha yüksek porozite değerleri sağlamasına rağmen tarla kapasitesi ve yarıyışlı su miktarı ile gözenek büyüklük dağılımı üzerinde etkisi olmamış, agregat stabilitesini etkilememiş, infiltrasyona negatif katkı sağlamış, penetrasyon direncini azaltmış ve optimum parçacık boyut dağılımında en düşük değerlere neden olmuştur.

Aksine doğrudan ekim yönteminde ise düşük porozitenin göstergesi olarak sıkışmanın etkisini yansıtan toprak penetrasyon direnci artmış ancak gözenek büyüklük dağılımı etkilenmemiş, muhtemelen porların bağlantılarının sürekliliğine bağlı olarak infiltrasyon hızlarında önemli iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Sonuç olarak hayvansal üretimin yoğun olarak yapıldığı kurak ve yarı kurak bölgelerde silajlık mısır, hayvan yeşil yem ihtiyacını karşılamak için giderek yükselen bir oranda yetiştirilen ve denemenin yürütüldüğü bölge içinde oldukça önemli olan bir bitkidir. Bunun yanında temiz su kaynakları üzerinde artan baskı, su tasarrufuna yönelik farklı stratejilerin uygulanmasını zorunlu kılmaktadır. Bu kapsamda yüksek rakımlarda ve yarı kurak iklim koşullarında silajlık mısırdaki güçlü ve etkili çimlenme ve çıkışı sağlayan daha iyi gelişme ve daha yüksek verim ile su-verim etkinliğini artıran, toprakta nemi muhafaza ederek su tasarrufu sağlayan aynı zamanda toprak işleme ekipman ihtiyacını da azaltarak üretim girdilerinin azalmasına katkı sağlayan yeni yöntemlerin uygulanması artık kaçınılmaz olmuştur. Bu sebeple yürütülen bu çalışmada sulama suyu ve su kullanım etkinliğini artıran verim ve su tasarrufuyla artıran, infiltrasyonu iyileştiren, aynı zamanda sürdürülebilirliği mümkün olan ve son yıllarda da artan bir ivmeyle dünyada hızla yayılan, doğrudan ekim uygulamasında AT ve GT uygulamalarına göre çok daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Üretimde amaç maliyet girdilerini azaltıp, karı maksimize etmektir. Bu çalışma ile toprağa daha az müdahale, daha az insan ve makina işgücü gereksinimi ile ve daha da önemlisi daha az girdi ile silajlık mısırın yetiştirilebileceği belirlenmiştir. Böylece zamanın ve kaynakların etkin kullanılması, toprağın ve diğer doğal kaynakların sürdürülebilirliği açısından, alınabilecek önlemler ile kısıtlı olan doğal kaynakların daha verimli kullanılması sağlanabilmektedir.

KAYNAKLAR

- Abu-Hamdeh, N.H., 2002. Effect of Soil Manipulation and Other Field Parameters on Soil Physical Properties. Vol: II, p. 99-102, Proceedings of 12th ISCO Conference, May 26-31, Beijing, China.
- Afzalina, S., Zabihi J., 2014. Soil Compaction Variation During Corn Growing Season Under Conservation Tillage-Soil and Tillage Research 137: 1- 6.
- Akyıldız, R., 1986. Yemler Bilgisi ve Teknolojisi (İkinci Baskı). Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yay. No: 974, Ders Kitabı No: 286, Ankara.
- Alletto, L., Pot V, Giuliano S, Costes M, Perdrieux F, Justes E., 2015. Temporal Variation in Soil Physical Properties Improves The Water Dynamics Modeling in A Conventionally-Tilled Soil. *Geoderma* 2015, 243, 18-28.
- Altıkat, S. ve Çelik A., 2009. Toprak İşleme Sistemlerinin Önemli Bazı Toprak Kalite Kriterlerine Olan Etkileri. *Alinteri Ziraat Bilimler Dergisi*. 16 (B)-2009 33-41 ISSN:1307-3311.
- Altuntaş, E ve Dede S., 2007. Orta Karadeniz Geçit İklim Kuşağında İkinci Ürün Silajlık Mısır Tarımında Farklı Toprak İşleme ve Ekim Yöntemlerinin Toprak Özellikleri ve Verim Üzerine Etkileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 4(3).
- Anonim, 1971. Pasinler Ovası Hidrojeolojik Etüt Raporu, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara.
- Anonim, 1974. Standart Test Method for Particle Size Analysis of Soil. American Society for Testing and Materials. D 422-63 (1972). Annual Book of ASTM Standards, 04.08:117, Philadelphia.
- Anonim, 2014. Conservation Agriculture Economic Benefit <http://www.eaf.org>. (European Conservation Agriculture Federation). (10.11.2011).
- Anonim,2015.http://rapor.tuik.gov.tr/reports/rwservlet?bitkisel_uretimdb2=&report=BARAPOR39.RDF&p_yil1=2013&p_kod=1&p_duz1=TRA11&p_gr1= (09.07.2019).
- Anonim,2015.<http://www.dmi.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=ERZURUM#sfB>. (09.07.2019).
- Anonymous,1983. Fundamentals of No-Till Farming. American Associations for Vocational Instructional Materials. Driftmier Enngineering Center Athens, GA 30602.
- Arıtürk M.E. ve Erdem, Y., 2011. İkinci Ürün Silajlık Mısırın (*Zea Mays* L.) Sulama Zamanının Planlanması ve Su-Verim-Kalite İlişkilerinin Belirlenmesi, *ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi* 2011; 8(1) : 73-82.
- Aslangiray, C., Tansı V., Sağlamtimur T., 1991. Çukurova Koşullarında İkinci Ürün Olarak Ekilen Mısır (*Zea Mays* L.) ve Sorgum (*Sorghum* Sp.) Tür ve Çeşitlerinin Gelişme Dönemlerine Göre Biyolojik Üretimlerinin Saptanması Üzerinde Bir Araştırma. Türkiye 2. Çayır-Mera ve Yembitkileri Kongresi, 28-31 Mayıs 1991, İzmir, 369-378.
- Astier-Calderon, M., Maass-Moreno M., Etchevers-Barra J.D., 2002. Derivation of soil Quality Indicators in The Context of Sustainable Agriculture. *Agrociencia*, 36, 605-620.

- Badalíkova, B., 2010. Influence of Soil Tillage on Soil Compaction. In: Dedousis, A.P., Bartzanas, T. (Eds.), Soil Engineering, Soil Biology 20. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp. 19-30.
- Barut Z.B ., Çelik İ., 2017. Tillage Effects on Some Soil Physical Properties in a Semi-Arid Mediterranean Region of Turkey, Chemical Engineering Transactions, Vol. 58, 217-222. DOI: 10.3303/CET1758037.
- Barut, Z. B., Çelik, İ., ve Turgut, M. M. 2010. Buğday tarımında farklı toprak işleme sistemlerinin toprağın bazı fiziksel özelliklerine etkisi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 6(4), 237-246.
- Bayhan Y., Kayışoğlu B., Yalçın H., Gönüloğlu E., Sungur N., 2006. Possibility of direct drilling and reduced tillage in second crop silage corn. *Soil and Tillage Research*, 88: 1-7.
- Bayer, C., Martin-Neto L., Mielniczuk J., Pillon C.N. ve Sangoi L., 2001. Changes in soil organic matter fractions under subtropical no-till cropping systems. *Soil Sci.Soc. Am. J.*, 65, 1473-1478.
- Bayrak, F., 1997. Bafra Ovası Koşullarında İkinci Ürün Mısırın Su Tüketimi, T.C. Başbakanlık, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Samsun Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No:91, Rapor Serisi No: 78, Samsun.
- Birkas, M., Jolankai M., Gyuricza C., Percze A., 2004. Tillage effects on compaction, earthworms and other soil quality indicators in Hungary. *Soil & Tillage Research*, 78, 185-196.
- Bouwer, H., 1986. Intake rate: cylinder infiltrometer, In: Klute, A. (Ed.), *Methods of Soil Analysis, Part 1: Physical and Mineralogical Methods*, 2nd ed. ASA-SSSA, Agronomy No: 9 American Society of Agronomy Inc., Soil Science Society of America Inc., pp. 825-843 (Madison).
- Bradford, J.M. 1986. Penetrability Methodsof Soil Analysis, Physical and Mineralogical Methods, Second Editions. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America Inc., 9 (1) 463-478, Publisher Madison Wisconsin, USA.
- Busscher, W.J., and Sojka R.E., 1987. Enhancemant of subsoiling effect on soil strength by conservational tillage. *Transactions of the ASAE*, 30(4), 888-892.
- Canbolat, M., 2006. Toprak Kalite Yonetimi. Ataturk Universitesi Ziraat Fakultesi basılmamış ders notu.
- Carter, M., Sanderson J., Ivany J. ve White R., 2002. Influence of Rotation and Tillage on Forage Maize Productivity, Weed Species, and Soil Quality of a Fine Sandy Loam in The Cool-Humid Climate of Atlantic Canada. *Soil & Tillage Research*, 67, 85-98.
- Casa, R., and Lo Cascio B., 2008. Soil conservation Tillage Effects on Yield and Water Use Efficiency on Irrigated Crops in Central Italy. *Journal of agronomy and crop science*, 194(4), 310-319.
- Crabtree, W.L., 2010. Search for Sustainability with No-Till Bill in Dryland Agriculture. Crabtree Agricultural Consulting, Perth, Western Australia.
- Çakır E., Aykas E., Yalçın H., 2003. Tillage Parameters and Economic Analysis of Direct Seeding, Minimum and Conventional Tillage In Wheat. ISTRO (International Soil Tillage Research Organization) 2003 Conference, Brisbane, Australia.
- Çakır, E., Yalçın, H., Aykas, E., Gülsoylu, E., Okur, B., Delibacak, S., & Ongun, A. R. 2006. Koruyucu Toprak İşleme ve Doğrudan Ekimin İkinci Ürün Mısır

- Verimine Etkileri: Birinci Yıl Sonuçları. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 2(2), 139-146.
- Çapar, F. ve Uçan K., 2015. Kışlık Buğdayda Farklı Toprak İşleme Tekniklerinin Toprak Nem İçeriği ve Verim Parametreleri Üzerine Etkisi. *KSÜ Doğa Bil. Dergisi*, 18(2).
- Çarman, K., 1994. Tractor forward volacity and tine load effects on soil compaction. *J. of Terramechanics*. 31 (1). 11-20.
- Çelik, A., 1998. Toprak Frezesinde Değişik Tip Bıçakların Toprağa Olan Etkilerinin ve Güç Tüketimlerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Ana Bilim Dalı, Erzurum.
- Dağdelen N., Akçay H., Sezgin F., Ünay A. ve Gürbüz T. 2009. Farklı Sulama Rejimleri Altında Silajlık Mısırın Su Üretim Fonksiyonlarının Belirlenmesi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7(1), 55-64.
- Dam, R.F., Mehdi B.B., Burgess M.S.E., Madramootoo C.A., Mehuys G.R., Callum I.R., 2005. Soil bulk density and crop yield under eleven consecutive years of corn with different tillage and residue practices in a sandy loam soil in central Canada. *Soil Tillage Res.* 2005, 84, 41-53.
- DATAE, 2015. Hidro-meteorolojik Gözlem Verileri. Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Erzurum.
- Delibaş, L., 1994a. Sulama. Trakya Üniv. Zir. Fakültesi Ders kitabı No:24 Tekirdağ
- Demiralay, İ., 1993. Toprak Fiziksel Analizleri. Atatürk Üni. Ziraat Fak. Yayınları No, 143. Erzurum.
- Derpsch, R., Friedrich T., 2009. Global Overview of Conservation Agriculture No-Till Adoption. 4th World Congress on Conservation Agriculture. New Delhi-India.
- Doorenbos, J., Kassam A., 1979. Yield Response to Water, FAO, Irrigation and Drainage Paper No: 33, Rome, 193.
- DSİ, 2019. DSİ 2018 Yılı Faaliyet Raporu. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Devlet Su İşleri genel Müdürlüğü, Ankara.
- Eghball, B., Mielke L.N., Calvo G.A., and Wilhem W.W., 1993. Fractal Description of Soil Fragmentation for Various Tillage Methods and Crop Sequences. *Soil Sci.Soc. America. Proc.*, 57, 1337-1341.
- El-Tantawy, M.M., Ouda S.A. and Khalil F.A.F., 2007. Irrigation scheduling for maize grown under Middle Egypt conditions. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 3(5):456-462.
- Fabrizzi K.P, Garcia F.O, Costa J.L, Picone L.I., 2005. Soil Water Dynamics, Physical Properties and Corn and Wheat Responses to Minimum and No-Tillage Systems in The Southern Pampas of Argentina. *Soil Tillage Research*, 81: 57-69.
- FAO, 2016. FAO Aquastat Database. <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html?lang=en>.
- Filipovic, D, Husnjak S, Kosutic S, Gospodaric Z., 2006. Effects of Tillage Systems on Compaction and Crop Yield of Albic Luvisol in Croatia. *Journal of Terramech*, 43: 177-189.

- Gajri, P. R., Arora V.K., Chaudhry M.R., 1994. Maize Growth Responses to Deep Tillage, Straw Mulching and Farm Yard Manure in Coarse Textured Soils of N.W. India. - Soil Use Management 10: 15-20.
- Geçit, H.H. vd. 2009. Tarla Bitkileri. A.Ü.Z.F. Ders Kitabı: 521, Yayın No: 1569, ISBN 978-975-482-803-0, Ankara.
- Gençoğlu C. ve Yazar A., 1999. Kısıntılı Su Uygulamalarının Mısır Verimine ve Su Kullanım Randımanına Etkileri. Tr.J.of Agriculture and Forestry, 23, 233-241.
- Gençoğlu C., Yazar A., 1996. Kısıntılı Su Uygulamalarının Mısır Verimine ve Su Kullanım Randımanına Etkileri (D. Tezi), Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Adana.
- Gholami A., Asgari H.R. and Zeinali E., 2014. Effect of Different Tillage Systems on Soil Physical Properties and Yield of Wheat (case study: agricultural lands of Hakim Abad Village, Chenaran Township, Khorasan Razavi Province). *International journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 2(5), 1539-1552.
- Gözübüyük, Z., Öztürk İ., Çelik A., Ören E., Kara M., 2001. Erzurum Kuru ve Sulu Tarım Koşullarında Değişik Toprak İşleme-Ekim Yöntemlerinin Tarla Filizi Çıkışı ve Verim Yönünden Karşılaştırılması. Trakya Toprak ve Su Kaynakları Sempozyumu, 24-27 Mayıs 2001 Kırklareli. 470-475.
- Gözübüyük, Z., Öztürk İ., Demir O., Çelik A., 2010. Ayçiçeğinde Farklı Toprak İşleme-Ekim Sistemlerinin Bazı İşletme Parametreleri Yönünden Karşılaştırılması. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi (Journal of Agricultural Machinery Science) 2010, 6 (4), 253-259.
- Gözübüyük, Z., Şahin Ü., Öztürk İ., Çelik A., Adıgüzel M.C., 2014. Tillage Effects on Certain Physical and Hydraulic Properties of a Loamy Soil Under a Crop Rotation in a Semi-Arid Region With a Cool Climate. *Catena* 118 (2014) 195-205.
- Gözübüyük, Z., Öztürk İ., Çelik A., Evren S., Daşçı E., Adıgüzel M.C., 2015. Ayçiçeğinde Ayçiçeği Üretiminin Geleneksel Toprak İşleme-Ekim Yöntemine Alternatif Olabilecek, Farklı Toprak İşleme-Ekim Yöntemlerinin Enerji Kullanım Etkinliği Yönünden Karşılaştırılması. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 2015, 11 (2) 113-119.
- Gözübüyük, Z., Şahin Ü., Adıgüzel M.C., Öztürk İ., Çelik A., 2015. The Influence of Different Tillage Practices on Water Content of Soil and Crop Yield in Vetch-Winter Wheat Rotation Compared to Fallow-Winter Wheat Rotation in a High Altitude and Cool Climate. *Agricultural Water Management* 160 (2015) 84-97.
- Gözübüyük, Z., 2016. Erzurum Yöresinde Nadası Kaldırmaya Yönelik Değişik Toprak İşleme-Ekim Yöntemlerinin Bazı İşletme Parametreleri ve Enerji Kullanım Etkinliği. Doktora tezi.
- Gözübüyük, Z., Öztaş T., Çelik A., Yıldız T., Adıgüzel M.C., 2017. Farklı Toprak İşleme ve Ekim Yöntemlerinin Toprağın Bazı Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi- Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi 5 (2) 48 – 54.
- Gözübüyük Z., Çelik A., T., Ergüneş G., Yıldız T., Adıgüzel M.C., 2018. Fiğ Üretiminde Farklı Toprak İşleme-Ekim Yöntemlerinin Özgül Çeki Gücü, Yakıt Tüketimi ve İş Başarısına Etkisi. Atatürk Üniv. Ziraat Fakültesi Dergisi, 49 (2): 134-142, 2018 Atatürk Univ., J. of the Agricultural Faculty, 49 (2): 134-142,

2018 ISSN : 1300-9036.

- Güçdemir, İ.H., 2006. Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi, T.C. Tarım Ve Köy İşleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Ankara, 305.
- Gül, İ., Başbağ M., 1999. Diyarbakır Sulu Koşullarında İkinci Ürün Olarak Yetiştirilen Silaj Sorgum, Sorgum-Sudanotu Melezi ve Sudanotu Çeşitlerinde Verim ve Verim Özelliklerinin İncelenmesi. Türkiye 3. Tarla Bitkileri Kongresi, 15-18 Kasım 1999, Adana, 306-311.
- Güngör, Y., Erözel A.Z., Yıldırım O., 1996. Sulama. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, No.1443, Ankara, 295.
- Hakansson, I. and Lipiec, J., 2000. A Review of Usefulness of Relative Bulk Density Values in Studies of Soil Structure and Compaction. *Soil and Tillage Research*, 53(2), 71-85.
- Hall, H.E., Raper R.L., 2005. Development and Concept Evaluation of an on-the-go Soil Strength Measurement System. *Transaction of the ASAE* 48, 469-477.
- Hernández T.D.B., Slater B.K., Corbalá R.T. and Shaffer J. M., 2019. Assessment of long-term tillage practices on physical properties of two Ohio soils. *Soil and Tillage Research*, 186, 270-279.
- Hermawan B, Cameron K.C., 1993. Structural Changes in a silt Loam Under Long-Term Conventional or Minimum Tillage. *Soil and Tillage Research* 26: 139-150.
- Hernández, T. D. B., Slater, B. K., Corbalá, R. T., and Shaffer, J. M. (2019). Assessment of long-term tillage practices on physical properties of two Ohio soils. *Soil and Tillage Research*, 186, 270-279.
- Howell, T.A., Cuenca H.A., Solomon K.H., 1990. Crop Yield Response. Management of Farm Irrigation Systems. Trans. ASAE Monograph Chap S. USA.
- Idowu, O. J., Sultana, S., Darapuneni, M., Beck, L., and Steiner, R. (2019). Short-term Conservation Tillage Effects on Corn Silage Yield and Soil Quality in an Irrigated, Arid Agroecosystem. *Agronomy*, 9(8), 455.
- Jensen, M.E., Burman R. D., Allen R. G., 1990. Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements. Manuals and Reports on Engineering Practices No. 70. ASCE, New York.
- Jigau, G., 2010. Processes and Factors of Porosity Evolution. *Factori și Procese Pedogenetice din Zona Temperată*, 9: 1-12.
- Kahlon, M.S., Khurana K., 2017. Effect of Land Management Practices on Physical Properties of Soil and Water Productivity in Wheat-Maize System of Northwest India.
- Kanber, R. ve Ünlü M., 2010. Tarımda Su ve Toprak Tuzluluğu. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Genel Yayın No:281, Kitap Yayın No:A-87, Adana.
- Kanber, R., 1999. Sulama. Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, No.174, Adana, 530.
- Karaağaç, H. A., 2007. İkinci Ürün Silajlık Mısır Tarımında Farklı Toprak İşleme ve Ekim Sistemlerinin Teknik ve Ekonomik Yönden Karşılaştırılması. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Karaağaç, H.A., Barut, Z.B., 2009. Farklı Toprak İşleme ve Ekim Sistemlerinin Silajlık Mısır Gelişimi ve İşletme Ekonomisine Etkisi. 25. Tarımsal Mekanizasyon Kongresi. s:367-374. 01-03 Ekim 2009. Isparta.

- Karasu A., Kuşçu H., Öz M., Bayram G., 2015. The Effect of Different Irrigation Water Levels on Grain Yield, Yield Components and Some Quality Parameters of Silage Maize (*Zea mays indentata* Sturt.) in Marmara Region of Turkey. *Not Bot Horti Agrobi*, 2015, 43(1):138-145.
- Karlen D.L., 2004. Soil Quality As an Indicator of Sustainable Tillage Practices. *Soil & Tillage Research* 78, 129-130.
- Kızıloğlu, F.M., Şahin Ü., Kuşlu Y., Tunç T., 2009. Determining Water-Yield Relationship, Water Use Efficiency, Crop and Pan Coefficients for Silage Maize in A Semiarid Region. *Irrig. Sci*, 27:129-137.
- Kızıloğlu, F. M., Şahin, U., Kuşlu, Y., & Tunc, T., 2009. Determining water-yield relationship, water use efficiency, crop and pan coefficients for silage maize in a semiarid region. *Irrigation science*, 27(2), 129.
- Klute, A., 1986. Methods of Soil Analysis: Physical and Mineralogical Properties. Part I, 2nd ed. ASA-SSSA Agronomy no: 9, Madison, WI, 1173.
- Kumar, V., Saharawat Y.S., Gathala M.K., Jat A.S., Singh S. K., Chaudhary N. ve Jat M.L., 2013. Effect of Different Tillage and Seeding Methods on Energy Use Efficiency and Productivity of Wheat in the Indo-Gangetic Plains. *Field Crops Research* 142 (2013) 1-8.
- Lal, R., Elder, J. W., 2008. Tillage effects on physical properties of agricultural organic soils of north central Ohio. - *Soil and Tillage Research* 98: 208-10.
- Lal, R., Mahboubi A.A. ve Fausey N.R., 1994. Long-Term Tillage and Rotation Effects on Properties of a Central Ohio soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 58, 517-522.
- Lipiec, J., Kuś J., Słowińska-Jurkiewicz A., and Nosalewicz A., 2006. Soil Porosity and Water Infiltration as Influenced by Tillage Methods. *Soil and Tillage research*, 89(2), 210-220.
- Logsdon, S.D., Karlen D.L., 2004. Bulk Density as a Soil Quality Indicator During Conversion to No-Tillage. *Soil Tillage Research*, 78: 143-149.
- Lopez, M. V., Arrue J.L. and Sanchez, G.V., 1996. A Comparison Between Seasonal Changes in Soil Water Storage and Penetration Resistance Under Conventional and Conservation Tillage Systems in Aragon. *Soil and Tillage Research*. 37 (4), 251-271.
- McVay, K.A, Budde J.A., Fabrizzi K., Mikha M.M., Rice C.W., Schlegel A.J., Peterson D.E., Sweeney D.W., Thompson C., 2006. Management Effects on Soil Physical Properties in Long-Term Tillage Studies in Kansas. *Soil Science Society America Journal*, 70: 434-438.
- Mohanty, M., Painuli D.K.. 2004. Modelin Grice Seedling Emergence and Growth Under Tillage and Residue Management in Rice-Wheat System on A Vertisol in Central India. *Soil and Tillage Research*. 76. 167-174.
- Moraes, M. H., Benez S. H., 1996. Effects of Different Soil Tillage System on Some Physical Properties of Terra Roxa Estruturada and on Grain Yield of Corn For one Year of Tillage. *Engenharia Agricola*. 16 (2), 31-41.
- Nunes, M. R., van Es, H. M., Schindelbeck, R., Ristow, A. J., and Ryan, M. 2018. No-till and cropping system diversification improve soil health and crop yield. *Geoderma*, 328, 30-43.
- Oliver R, Douzet J.M., Scopel E., Blanchart E., Curmi P., Alves Moreira J.A., Minette S., Guerin P., Fortier M., Maraun F., 2002. Medium Term Impact of No Tillage on Some Physical Properties of a Brazilian oxisol of Cerrados (tropical humid

- Savannah of Central Brazil). In: F Maraun (Ed.), *Confronting New Realities in the 21st Century. Proceedings of the 17th World Congress of Soil Science*.
- Öz, A., Kapar, H., Dok, M., 2017. Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Yayınları. <http://arastirma.tarim.gov.tr/ktae/Belgeler/brosurler/Mısır%20Tarımı.pdf> Erişim tarihi:9 Temmuz 2019
- Özdemir, N., 1998. Toprak Fiziği. Ondokuz Mayıs Üniv.Ziraat Fak. Ders Kitabı No:30. Samsun.
- Patel, V.L., Tripathi V.K., Sharma O.P.,1985. Parametric Excitation of Shear Alfvén Models by Electrostatic Ion Cyclotron Waves in the Magnetosphere. *Journal of Geophysical Research* 90. doi: 10.1029/JGREA000090000A10009590000 001. issn: 0148-0227.
- Ramos, M.E., Robles A.B., Sanchez-Navarro A., Gonzalez-Rebollar J.L. 2011. Soil Responses to Different Management Practices in Rainfed Orchards in Semiarid Environments. - *Soil and Tillage Research*, 112: 85-91.
- Rasmussen, K.J., 1999. Impact of Ploughless Soil Tillage on Yield and Soil Quality: A Scandinavian Review. *Soil Tillage Research*, 53: 3-14.
- Ren, L., Nest, T. V., Ruyschaert, G., D'Hose, T., and Cornelis, W. M. 2019. Short-term effects of cover crops and tillage methods on soil physical properties and maize growth in a sandy loam soil. *Soil and Tillage Research*, 192, 76-86.
- Roldán, A Salinas-García,J., Alguacil, M., Díaz, E. ve Caravaca, F., 2005. Soil Enzyme Activities Suggest Advantages of Conservation Tillage Practices in Sorghum Cultivation Under Subtropical Conditions. *Geoderma*, 129,178- 185.
- Roscoe R., Burman P., 2003. Tillage Effects on Soil Organic Matter in the Density Fractions of a Cerrado Oxisol. *Soil Till. Res.*, 70: 107-119.
- Sahin U. And Anapali O., 2006. Addition of Pumice Affects Physical Properties of Soil Used for Container Grown Plants. *Agriculture Conspectus Scientificus*, Vol. 71 (2006) No.2 (59-64).
- Servadio, P., Marsili A., Vignozzi N., Pellegrini S. ve Pagliai B., 2005. Effects on Some Soil Qualities in Central Italy Following the Passage of Four Wheel Drive Tractor Fitted With Single and Dual Tires. *Soil & Tillage Research*, 84, 87-100.
- Sillon, J.F., Richard G. ve Cousin I., 2003. Tillage and Traffic Effects on Soil Hydraulic Properties and Evaporation. *Geoderma* 116, 29-46.
- Singh, K. B., Jalota S.K., Sharma B.D., 2009. Effect of continuous Rice-Wheat Rotation on Soil Properties From Four Agro-Ecosystems of Indian Punjab. - *Communications Soil Science Plant Analysis* 40: 2945-58.
- Singh, K.K., Colvin T.S., Erach D.C., Mughal A.Q., 1992. Tilth index: An Approach Quantifying Soil Tilth. *Transactions of American Society of Agricultural Engineers*, 35(6): 1777-1784.
- Stegman, E.C., 1986. Efficient Irrigation Timing Methods for Corn Production *Transactions of the ASAE*, 29 (1), 203-210.
- Strudley, M.W., Green T.R., Ascough II, J.C., 2008. Review: Tillage Effects on Soil Hydraulic Properties in Space and Time: State of The Science. *Soil Tillage Res.* 99, 4-48.
- Subbulakshmi, S., Saravanan N., Subbian P., 2009. Conventional Tillage vs Conservation Tillage - a Review. *Agric. Rev.* 30, 56-63.
- Süzer, S., 2003. Mısır Tarımı. Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Edirne.

- Şeker, C., ve Işıldar, A. 2000. Tarla trafiğinin toprak profilindeki gözenekliliğe ve sıkışmaya etkisi. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 24, 71-77.
- Tarawally, M.A., Medina H., Frometa M.E. ve Itza C.A., 2004. Field Compaction at Different Soil-Water Status: Effects on Pore Size Distribution and Soil Water Characteristics of a Rhodic Ferrasol in Western Cuba. *Soil Till. Res.* 76, 95-103.
- Tariq, J.A., Khan M.J., Usman K., 2003. Irrigation Scheduling of Maize Crop by Pan Evaporation Method. *Pakistan Journal of Water Resources*, Vol.7(2) July-December 2003/ 29.
- Tebrügge F., Düring R.A., 1999. Reducing Tillage İntensity: A Review of Results From A Long-Term Study in Germany. *Soil Tillage Research*, 53: 15-28.
- Thomas, G. A., Vildermuth G. B., Thompson J. P., Standley J. and Blamey F.P.C., 1996. Factors Limiting Wheat Yields Under Zero Tillage in Southern Queensland. *Proceedings of the 8th Australian Agronomy Conference*, Toowoomba, Queensland, Australia, 30 January-2 February, 534-537.
- TUİK, 2019. Bitkisel Üretim İstatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara. http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001 Erişim tarihi: 09 Temmuz 2019.
- Tüzüner, A., 1990. "Toprak ve Su Analiz Laboratuvarları El Kitabı." Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- USDA 2019, World Agricultural Production. United States Department of Agriculture, Foreign Agriculture Service, Circular Series WAP 8-19, August, 2019.
- Wang, X., Li M., Liu S., Liu G., 2006. Fractal Characteristics of Soils Under Different Land- Use Patterns in the Arid and Semiarid Regions of the Tibetan Plateau, China. 134: 56-61.
- Yalçın, H., Demir V., Yürdem H., Sungur N., 1997. Buğday Tarımında Azaltılmış Toprak İşleme Yöntemlerinin Karşılaştırılması Üzerine Bir Araştırma. *Tarımsal Mekanizasyon 17. Ulusal Kongresi*, Tokat, 415-423.
- Yıldırım, O., 1993. Bahçe Bitkileri Sulama Teknigi, A.Ü. Zir. Fak., Yayın No: 1281, Ankara, 214.
- Yıldız, N., Bircan H., 1991. Araştırma ve Deneme Metotları. Atatürk Üniv. Yay. No: 697, Zir. Fak. Yay. No: 305, Ders Kitapları Serisi No: 57, Erzurum, 277.
- Zeren, Y., Işık A., Özgüven F., 1993. GAP Bölgesinde İkinci Ürün Tane Mısır Yetiştirmede Farklı Toprak İşleme Yöntemlerinin Karşılaştırılması 5. Uluslararası Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi Bildiri Kitabı, Kuşadası.
- Zhang, M.K. ve Fang L.P., 2007. Effect of Tillage, Fertilizer and Green Manure Cropping on Soil Quality at an Abandoned Brick Making Site. *Soil and Tillage Research*, 93: 87-93.
- Zou, X.Y., Li S., Zhang C.L., Dong G.R., Dong Y.X., Yan P., 2002. Desertification and Control Plan in the Tibet Autonomous Region of China. *J. Arid Environ.* 51, 183-198.

ÖZGEÇMİŞ

Bir Mayıs 1969 yılında Malatya’da doğdu. İlkokul, Ortaokul ve Lise’yi Erzurum’da tamamladı. 1986 yılında başladığı Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü’nden 1991 yılında mezun oldu. 1992 yılında askerlik vazifesini yaptı. 1995’de Adalet bakanlığında göreve başladı. 1997 yılında Tarım ve Orman Bakanlığının TAGEM bünyesinde Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsüne atandı. Halen Tarım ve Orman Bakanlığı DSİ 8. Bölge Müdürlüğünde kontrol mühendisi olarak çalışmaktadır. Evli ve iki çocuk babasıdır.

